

Einfluß von Patientenmerkmalen auf Durchleuchtungszeit
und Flächeneinfalldosis (Flächenionisationswert)
bei Durchleuchtungen von Thorax und Abdomen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Horst Elbrecht
aus Bremen

1967

9195

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR ROAD
PALO ALTO, CALIFORNIA



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153519_0015

Aus dem Medizinischen Strahleninstitut der Universität Tübingen

Direktor: Professor Dr. med. R. Bauer

Einfluß von Patientenmerkmalen auf Durchleuchtungszeit
und Flächeneinfalldosis (Flächenionisationswert)
bei Durchleuchtungen von Thorax und Abdomen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Horst Elbrecht
aus Bremen

1967

Dekan: Professor Dr. med. F. Lembeck

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. D. Schoen

2. Berichterstatter: Professor Dr. med. R. Bauer

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Aufgabenstellung	3
2. Die Strahlenbelastung bei der Durchleuchtung und Möglichkeiten ihrer Darstellung	4
2.1. Die Flächeneinfalldosis (Flächenionisationswert)	5
2.1.1. Gebräuchliche Gerätetypen bei der Messung der Flächeneinfalldosis	6
2.2. Die Durchleuchtungszeit	7
2.3. Der Flächenindex	8
3. Untersuchungen über den Einfluß von Patientenmerkmalen auf Flächeneinfalldosis und Durchleuchtungszeit	10
3.1. Konstitutionelle Merkmale	10
3.1.1. Statur	11
3.1.2. Alter und Geschlecht	12
3.2. Von der Konstitution weitgehend unabhängige Merkmale ..	14
4. Eigene Untersuchungen	18
4.1. Vorbemerkungen zum Stichprobenmaterial und seiner Auswertung	18
4.2. Untersuchungsang	19
4.3. Aufteilung des Gesamtmaterials über die einzelnen untersuchten Organe	20
4.4. Untersuchung hinsichtlich der Patienten-Größe	24

4.5.	Aufschlüsselung nach dem maximalen Sagittal- durchmesser	26
4.6.	Aufgliederung nach dem Gewicht	29
4.7.	Aufgliederung nach dem Alter	36
4.8.	Durchleuchtungszeit und Flächeneinfalldosis bei den beiden Geschlechtern	41
4.9.	Vergleich gehfähiger und bettlägeriger Patienten hinsichtlich ihrer Durchleuchtungszeit und Flächeneinfalldosis	47
4.10.	Vergleich der Patienten mit und ohne erhobenem pathologischen Befund	51
4.11.	Beeinflussung der Durchleuchtungszeit und Flächeneinfalldosis durch die Anzahl der vorausgegangenen Röntgenuntersuchungen	55
5.	Diskussion der eigenen Untersuchungen und Vergleich der Ergebnisse mit denen der eingangs zitierten Autoren	59
6.	Zusammenfassung	66
7.	Literaturhinweise	68

Lebenslauf

1. EINLEITUNG

Seitdem wir wissen, daß die Strahlenbelastung, der die Menschen auf der Erde ausgesetzt sind, nicht ohne Einfluß auf Gesundheit und Fortpflanzung ist, sondern Ursache somatischer und genetischer Schäden sein kann, nehmen die Bemühungen zu, diese Strahlung hinsichtlich ihrer einzelnen Strahlungsquellen zu differenzieren und in ihrer Wirkung auf den Menschen meßbar zu erfassen. Zugleich wächst das Bedürfnis, Mittel und Wege zu finden, die der ständigen Zunahme der auf den menschlichen Organismus einwirkenden Strahlungsmenge aus zivilisatorischen Quellen Einhalt gebieten und diese Strahlenbelastung eindämmen oder sogar senken können.

Für solche Bemühungen sind jedoch detaillierte Unterlagen über die Strahlenexposition des Menschen Voraussetzung. So nehmen heute quantitative Untersuchungen über die Strahlenbelastung in Wissenschaft und Forschung einen breiten Raum ein.

Tabelle 1

Strahlenbelastung des Menschen (rem / Kopf / 30 a)⁺

Background (kosmische u. terrestrische Strahlung)	3,75
Medizin	0,36 - 1,50
Fallout	0,06
Industrie	0,03 - 0,06
Fernsehen	0,03 - 0,06
Summe	4,23 - 5,43

+ Nach L. S. TAYLOR, Präsident ICRU., Mitglied ICRP., X. Int. Kongreß für Radiologie, Montreal 1962, aus D. SCHOEN: Strahlenschutz bei der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlen; Bundesgesundheitsblatt Nr. 24 (1962), 377.

Nach L. S. TAYLOR entfällt bei der menschlichen Strahlenbelastung heute, wenn man die nicht beeinflussbare natürliche Grundstrahlung außer Acht läßt, der größte Strahlungsanteil auf die medizinisch angewandten Röntgenstrahlen, die zwar nur 1/10 bis 1/3 der Gesamtbelastung ausmachen, aber doch etwa das Drei- bis Zehnfache der durch Fallout, Industrie und Fernsehen bedingten Exposition betragen.

Den Untersuchungen und Maßnahmen, die eine Herabsetzung der Strahlenbelastung zum Ziele haben, kommt somit im Bereich der medizinisch angewandten Röntgenstrahlen eine ganz besondere Bedeutung zu. Dabei interessiert in diesem Zusammenhang weniger die therapeutische Anwendung von Röntgenstrahlen, wo das therapeutische Ziel die Strahlendosis bestimmt und der Therapieerfolg eventuelle Spätschäden des Einzelnen in vertretbarem Ausmaß rechtfertigt, sondern vor allem das Gebiet der diagnostischen Strahlenanwendung. Hier bieten sich wegen der Vielfalt der möglichen apparativen Ausrüstungen und der Untersuchungstechniken sowie der individuellen Faktoren auf Seiten der untersuchenden Ärzte und der Patienten zahlreiche Möglichkeiten, durch Vergleiche bessere, d. h. strahlenbelastungsmindernde Methoden gegen schlechtere abzugrenzen, die erst mit Hilfe einer stärkeren Patientenexposition zu dem gleichen diagnostischen Erfolg führen.

Diese Möglichkeit des fruchtbaren Vergleichs ist besonders bei der Durchleuchtung gegeben; und da der Anteil der Durchleuchtungen an der gesamten durch die Röntgendiagnostik bedingten genetisch signifikanten Dosis nach einer Repräsentativerhebung von HOLTHUSEN (9) rund 30 % beträgt, muß eine Herabsetzung der Strahlenexposition, wie sie Verbesserungen der Durchleuchtungstechnik und -methoden mit sich bringen können, als wichtiger Beitrag im Rahmen des Strahlenschutzes der Bevölkerung betrachtet werden.

Um die zahlreichen Faktoren, die bei der Durchleuchtung die Strahlenbelastung der Patienten bestimmen, auch im einzelnen beurteilen zu können, bedarf es der Unterlagen über mehrere tausend Patientenuntersuchungen. Ein solch umfangreiches, in Röntgeninstituten gewonnenes Material ermöglicht ferner die Gewinnung von für Fachärzte der Röntgenologie repräsentativen Daten, an denen sich die röntgenologisch tätigen Nichtfachärzte kritisch messen können.

Da einerseits ausgeprägte Beziehungen zwischen Berufserfahrung und Flächeneinfallsdosis nachgewiesen werden konnten (GOLDMAN et al., 1960 (8); ARNAL und PYCHLAU, 1961 (1); SEIDL, 1961 (23); ZIELER, 1961 (25)), andererseits nach Untersuchungen von EGGS, 1961 (5), und KOENIG, 1961 (11), in der Bundesrepublik nur etwa 5 - 20 % aller in der Praxis ausgeführten Röntgenleistungen bzw. nur etwa 1,2 % aller radiologisch untersuchten Fälle auf Fachärzte der

Röntgenologie entfallen, vermögen diese Daten zugleich einen Eindruck davon zu geben, in welchem Umfang eine Erniedrigung der Strahlenbelastung der Patienten möglich würde, wenn es gelänge, die Durchleuchtung nur geschulten Ärzten vorzubehalten.

Die Gewinnung eines umfangreichen Datenmaterials über die Durchleuchtung kann also verschiedene Wege aufzeigen, wie, wo und wieweit eine Einschränkung der Strahlenexposition der Patienten ohne Beeinträchtigung des diagnostischen Resultats vielleicht noch möglich ist. Außerdem sind von jeder umfassenden Übersicht über die Anwendung von Röntgenstrahlen für den Gesetzgeber beim Entwurf von Strahlenschutzgesetzen wichtige Hinweise zu erwarten.

Unter dieser Vorstellung rief im Juli 1962 Herr Professor Dr. R. BAUER, mit Zustimmung des Ausschusses für Dosis, Radiologische Einheiten und Strahlenschutz unter dem Vorsitz von Herrn Professor Dr. Dr. B. RAJEWSKY die radiologischen Institute an den Universitäten und an einigen Krankenanstalten in der Bundesrepublik und in der Schweiz zu einer solchen umfassenden Gemeinschaftserhebung über die Strahlenbelastung der Patienten bei der Durchleuchtung mit und ohne gezielte Aufnahme auf. Ein Teil der hierbei gewonnenen Daten stellt das Ausgangsmaterial für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit dar.

1.1. AUFGABENSTELLUNG

Von den zahlreichen im Rahmen der oben genannten Gemeinschaftserhebung gewonnenen Daten sollen einige Merkmale von Patienten isoliert betrachtet und zur Durchleuchtungszeit und Flächeneinfallsdosis in Beziehung gesetzt werden.

Es wird angestrebt, an Hand des umfangreichen Untersuchungsmaterials eventuelle Einflüsse, der die Expositionszeit und Strahlendosis bei der Durchleuchtung mit und ohne zusätzliche Zielaufnahmen von Seiten der Patienten unterliegen, statistisch zu sichern und, wenn möglich, auch ihre Grenzen quantitativ abzustecken.

2. DIE STRAHLENBELASTUNG BEI DER DURCHLEUCHTUNG UND MÖGLICHKEITEN IHRER DARSTELLUNG

Unter der Strahlenbelastung versteht man die während der Durchleuchtung von dem Patienten absorbierte Strahlenenergie. Dabei kann die Beurteilung der Strahlenbelastung unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, je nachdem, ob man die somatische, auf die bestrahlte Person und ihre Organe beschränkte Belastung oder die genetische Belastung mit ihrer Bedeutung für die Gesamtbevölkerung ins Auge faßt. Für die genetische Belastung und ihre möglichen Auswirkungen auf spätere Generationen ist allein die Gonadendosis (Ortsdosis) bestimmend, wohingegen die Integraldosis als Kriterium für die Beurteilung der somatischen Gefährdung der Patienten herangezogen wird, aber indirekt auch Aussagen über die Gonadendosis erlaubt.

Die bei der Durchleuchtung absorbierte Strahlendosis hängt unabhängig davon, ob man eine bestimmte Organ- (Gonaden-, Knochenmark-) Dosis oder aber die Integraldosis betrachtet, im wesentlichen ab von der

- 1) Dosisleistung am Systemeingang des Leuchtschirms
- 2) Strahlenqualität
- 3) Durchleuchtungszeit
- 4) Feldgröße und Kompression
- 5) Dicke und Strahlendurchlässigkeit des Untersuchungsobjektes
- 6) Benutzung eines Streustrahlenrasters.

Eine Erfassung sämtlicher dieser fünf Größen ist für umfangreiche Vergleichsuntersuchungen sowie im Routinebetrieb zu umständlich und nicht praktikabel.

Einfachere Möglichkeiten, die Strahlenexposition zu charakterisieren, sind:

- a) die Messung der Flächeneinfalldosis
- b) die Bestimmung der eingestrahlen Energie in Wattsekunden oder Joule.

2.1. DIE FLÄCHENEINFALLSDOSIS (FLÄCHENIONISATION)

Unter der Flächeneinfalldosis versteht man das Produkt aus der gemessenen Strahlendosis am Ort des Strahleneintritts in den Patienten und der Feldfläche an dieser Stelle. Sie wird in der Einheit "Röntgen-Quadratcentimeter" ($R \cdot cm^2$) angegeben. Die Dosis ist als Standard-Ionendosis nach DIN 6809 ohne Streukörper in R-Einheiten zu messen.

Bei der Bestimmung der Strahlenbelastung hat sich die Ermittlung der Flächeneinfalldosis als die zweckmäßigste Meßmethode erwiesen, obwohl von verschiedenen Seiten Einwände gegen ihre Verwendung als Maß für die biologisch wirksame Energieabsorption erhoben wurden (LUETHY, 1961 (12); ZIELER, 1961 (25); FRIK, 1964 (7)). Tatsächlich ist auch die Flächeneinfalldosis der totalen im Organismus absorbierten und somit biologisch wirksamen Strahlung ($kg \cdot rad$) nicht streng proportional, weil sie weder die durch die Verschiedenartigkeit der Untersuchungsobjekte verursachten Unterschiede in der Strahlendurchlässigkeit noch die durch Strahlenqualität und Streustrahlengeometrie bedingten Schwankungen der Energieabsorption berücksichtigt.

Da jedoch einerseits die Flächeneinfalldosis so wichtige Größen wie Röhrenstrom, Einschaltzeit, Dosisleistung, Feldgröße und Fokus-Haut-Abstand beinhaltet und es sich andererseits bei ihrer Bestimmung vor allem darum handelt, "daß man ohne erheblichen Arbeitsaufwand an einer großen Anzahl von Patienten Meßergebnisse erhält, die zwar der tatsächlichen Strahlenbelastung des Einzelfalles nicht proportional sind, diese aber hinsichtlich ihrer Tendenz in genügendem Ausmaß charakterisieren" (SCHOEN) (21), gilt die Flächeneinfalldosis heute als brauchbarste Meßgröße bei der vergleichenden Betrachtung der Strahlenexposition. Dies wurde jüngst auch von P. PYCHLAU jun. und E. BUNDE (16) an Hand von Messungen an einem dem Alderson-Phantom ähnlichen Modell bestätigt. Die beiden Autoren konnten zeigen, daß im Bereich von 2,0 bis 4,5 Al Gleichwert-Gesamtfilterung, d. h. innerhalb des in der Röntgendiagnostik meist verwendeten Strahlenbereichs, die Flächeneinfalldosis der vom Patienten absorbierten Energie praktisch proportional und die Einheit $R \cdot cm^2$ den Einheiten erg oder milli-Joule bei der Messung der Strahlenabsorption bei der Durchleuchtung vorzuziehen ist. Eine stärkere Abhängigkeit der Flächeneinfalldosis von der Strahlenqualität (bis etwa zum Faktor 2) tritt erst im Bereich unterhalb 50 kV und oberhalb 100 kV Erzeugungsspannung auf; das sind jedoch Spannungen, die fast nur für Aufnahmen gebraucht werden. Der Einfluß der Strahlenqualität auf die Flächeneinfalldosis kann also weitgehend unberücksichtigt bleiben, so daß man sich die Umrechnung der Dosisseinheiten in Energieeinheiten durch einen qualitätsabhängigen Faktor ersparen kann: Die Flächeneinfalldosis charakterisiert

die im Körper absorbierte Energie in den üblichen kV-Bereichen bereits hinreichend genau.

SCHINZ und WIDERÖE (17) haben gegen die von ARNAL und PYCHLAU (1961) (1) geprägte Bezeichnung "Flächeneinfalldosis" den Einwand erhoben, daß es sich bei der Einheit $R \cdot cm^2$ nicht um eine Dosis im herkömmlichen Sinne handle, da es im radiologischen Sprachgebrauch Dosen (Energieabsorption pro Masseinheit bestrahlter Substanz; Einheit: 1 rad) nur in Körpern gebe. SCHINZ und WIDERÖE empfehlen deshalb eine Umbenennung und schlagen für die über den Querschnitt des Strahlenbündels in R gemessenen und über die Einschaltzeit integrierten Ladungen der erzeugten Ionen die Bezeichnung "Flächenionisation" oder "Flächenionisationswert" vor. Diese Begriffe sind zweifellos normgerechter (DIN 6809) und sollten sich allgemein durchsetzen. In Anbetracht ihrer bisher geringen, auf Fachkreise beschränkten Verbreitung finden die Bezeichnungen von SCHINZ und WIDERÖE jedoch in der vorliegenden Arbeit noch keine Verwendung; um möglichst vielen Lesern verständlich zu bleiben, wird dem alten Begriff "Flächeneinfalldosis" für die Einheit $R \cdot cm^2$ an dieser Stelle noch einmal der Vorzug gegeben.

2.1.1. Gebräuchliche Gerätetypen bei der Messung der Flächeneinfalldosis

Von der Industrie werden bereits seit mehreren Jahren Meßgeräte angeboten, die fortlaufende Dosiskontrollen der Patienten in der Röntgendiagnostik erlauben. Es handelt sich dabei um besondere Ionisationskammern, die sich in einigen Punkten wesentlich von den in der Strahlentherapie schon seit längerer Zeit benutzten klinischen Dosimetern mit Ionisationskammern unterscheiden.

Nach E. BUNDE und P. PYCHLAU (2) müssen die Geräte bei der diagnostischen Dosismessung folgende Voraussetzungen erfüllen:

- a) Die für die Belastung so wichtige Größe der Flächenausdehnung des Nutzstrahlenbündels beim Eintritt in den Patienten muß proportional miterfaßt werden.
- b) Das Meßorgan muß unabhängig vom Patienten im Strahlengang fest angebracht sein.
- c) Das Meßergebnis soll in Form eines einzigen Zahlenwertes angezeigt werden.

Die erstgenannte Forderung wird durch die Großflächigkeit der Ionisationskammern ("Großflächenkammern") erfüllt, wodurch sich diese wesentlich von den

in der praktischen Dosimetrie sonst üblichen "Klein" - oder "Sonden" -Kammern unterscheiden. Die Großflächenkammern sind selbst bei größter Blendenöffnung noch nicht voll ausgeleuchtet, so daß sich ihr Ionisationsvolumen mit dem Querschnitt des hindurchtretenden Strahlenbündels streng proportional ändert. Dabei kann der Ort der Kammermontage zwischen fokusnaher Blende und Patient beliebig gewählt werden (praktisch ist die Anbringung an der Tiefenblende selbst); denn der Ionisationsstrom ist sowohl der Dosisleistung als auch dem Strahlungsquerschnitt proportional.

Die Anzeige der Flächeneinfalldosis erfolgt nach Verstärkung der Ionisationsimpulse in Zählwerken, gewöhnlich in Sprüngen von $10 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$. Heute gebräuchliche Zählwerke sind das Diagnostik-Dosimeter "Diamantor" der Firma Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau KG., Freiburg i.Br., der "Diagnostik-Dosiszähler" der Firma C.H.F. Müller, Hamburg, sowie das in mWsec-Einheiten messende Gerät "Philips Diagnostic Monitor" nach Reinsma.

Vergleichende Dosismessungen mit dem Diamantor und dem Philips Diagnostic Monitor (ARDRAN and CROOKS (1965), (26)) ergaben, daß mit keinem der Geräte, d. h. weder mit der Einheit $\text{R} \cdot \text{cm}^2$ noch mit der Einheit mWsec, eine exakte Darstellung der vom Patienten absorbierten Energie ($\text{g} \cdot \text{rad}$) möglich ist. Nach Meinung der Autoren sind jedoch beide Geräte, bei genauer Eichung und Kenntnis der Umstände, unter denen sie angewandt werden, für eine Abschätzung der Patientenexposition gleich wertvoll.

2.2. DIE DURCHLEUCHTUNGSZEIT

In einer seit 1959 bestehenden DIN-Vorschrift (DIN 6811 § 5, 11) heißt es, daß an jedem Durchleuchtungs-Schalttisch eine Uhr angebracht sein muß, die die Einschaltzeit des Röhrenstromes selbsttätig anzeigt. Die Expositionszeit bei der Durchleuchtung ist somit eine ohne viel Aufwand registrierbare Größe. Ihre Bestimmung stellt zwar wegen ihrer Abhängigkeit von der durchleuchteten Körperregion sowie der Durchleuchtungserfahrung und -technik des Untersuchers nur ein sehr grobes Maß für die Strahlenbelastung des Patienten dar, sie vermag jedoch im Rahmen von umfangreichen Vergleichsmessungen manchen Hinweis zu geben, wenn sie gleichzeitig mit der Flächeneinfalldosis gemessen wird. Beide Größen, zusammen betrachtet, spiegeln nicht nur die mittlere Dosisleistung wider (s. u.), sondern erlauben auch Aufschlüsse über die Untersuchungsroutine des Arztes und die Technik verschiedener Institute. Bei ausreichend homogenem Material würde eine enge Beziehung zwischen Durchleuchtungszeit und

Flächeneinfallsdosis bedeuten, daß der Untersucher in der gleichen Zeit und bei gleicher Bildgröße zu dem gleichen diagnostischen Ergebnis kommt.

Bei einem erfahrenen Untersucher wird somit bei gleichartigem Untersuchungsmaterial zwischen der Durchleuchtungszeit und der Flächeneinfallsdosis eine enge Korrelation bestehen, so daß die Expositionszeit hier sogar als recht guter Maßstab für die Strahlenbelastung des Patienten gelten kann.

Auch von Seiten des Patienten ist ein Einfluß auf die Durchleuchtungszeit (und damit auf die Strahlenbelastung) denkbar: Verständige Patienten, die sich in einem guten körperlichen Allgemeinzustand befinden, werden den Bewegungsanweisungen des Untersuchers besser folgen können als unverständige und solche, deren körperliche Verfassung schlechter ist und die Beweglichkeit beeinträchtigt. Die Durchleuchtungszeit wird im letzten Fall größer sein als im ersten.

Bei größeren Reihenuntersuchungen kann also die Erfassung der Durchleuchtungszeit mit zur Klärung mancher Zusammenhänge beitragen. Man wird auf ihre Registrierung deshalb nicht verzichten.

2.3. DER FLÄCHENINDEX

Die pro Zeiteinheit auf die Flächeneinheit auftreffende Strahlenenergie ergibt die "Intensität" der Strahlung. Sie wächst etwa mit der dritten Potenz der Spannung und linear mit der Stromstärke. Im Verlauf eines Durchleuchtungsvorganges bleibt sie in praxi (besonders bei einer Bildverstärker-Fernsehkette mit Dosisstabilisierung am Eingangssystem) nur selten konstant. Es ist deshalb nicht generell möglich, die Flächeneinfallsdosisleistung ($R \cdot \text{cm}^2/\text{min}$) als über die gesamte Durchleuchtungszeit gemittelten Wert zu bestimmen. Denn einmal ändert sich gewöhnlich die Größe des Strahlenbündelquerschnitts während der Durchleuchtung, zum anderen kann sich die Intensität ändern. Die Generatoren liefern bei am Schalttisch gewählter Spannung und Stromstärke nicht die gleiche Intensität. Ein Vergleich der jeweils gemittelten Größe " $R \cdot \text{cm}^2/\text{min}$ " ist also nur bedingt möglich. Die über die gesamte Durchleuchtungszeit gemittelte Flächeneinfallsdosis ($R \cdot \text{cm}^2/\text{min}$) wird deshalb besser als "Flächenindex" bezeichnet.

Der Flächenindex kann bei umfangreichen Reihenuntersuchungen ein zusätzliches Vergleichskriterium für die Durchleuchtungsmethode darstellen; denn er vermag grob über den Einfluß des mittleren Strahlenbündelquerschnitts zu orientieren;

Bei einer hohen Gesamtdosis läßt sich mit seiner Kenntnis z.B. vermuten, ob

diese nur durch eine lange Durchleuchtungszeit bei kleinem Strahlenbündelquerschnitt bedingt ist oder vorwiegend durch mangelhafte Einblendung des Strahlenbündels in relativ kurzer Zeit zustande kommt.

Natürlich hat man, betrachtet man die beiden Größen Flächeneinfalldosis und Durchleuchtungszeit miteinander, diese Verhältnisse auch bereits vor Augen, so daß sich eine gesonderte Darstellung des Flächenindex eigentlich erübrigt. Wenn er in den Tabellen und graphischen Darstellungen dieser Arbeit dennoch hin und wieder aufgeführt ist, so nur deshalb, weil er die Zusammenhänge manchmal besonders sinnfällig wiedergibt.

3. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON PATIENTENMERKMALEN AUF FLÄCHENEINFALLSDOSIS UND DURCHLEUCHTUNGSZEIT BEI DER DURCHLEUCHTUNG

3.1. KONSTITUTIONELLE MERKMALE

Der Umfang der von einem Gegenstand absorbierten Strahlenmenge ist nicht nur abhängig von der auf ihn einwirkenden Strahlungsart und -quantität, sondern wird weitgehend durch eine Reihe von physikalischen Eigenschaften des Gegenstandes mitbestimmt: Mit seiner chemischen Beschaffenheit und seinem Schichtenaufbau ändern sich die Absorptions- und Streukoeffizienten, mit seinen räumlichen Abmessungen die absorbierte Integraldosis.

Der Mensch als Bestrahlungsobjekt verhält sich diesbezüglich nicht anders als ein solcher Gegenstand. Die genannten physikalischen Eigenschaften des Gegenstandes kehren in den körperlichen, konstitutionellen Merkmalen des Menschen wieder:

Seine räumlichen Ausmaße kennzeichnen ihn als groß oder klein (GROESSE), dick oder dünn (BREITE, GEWICHT). Zwei weitere konstitutionelle Faktoren, GESCHLECHT und ALTER, die mit der Größe und dem Gewicht in mehrfacher Hinsicht korrelieren (Frauen sowie junge, noch nicht ausgewachsene Menschen sind im statistischen Mittel kleiner und leichter als Männer und Ausgewachsene), werden andererseits auch charakterisiert durch eine unterschiedlich starke Ausprägung des subkutanen Fettpolsters oder des Wasserreichtums der Gewebe, was den chemischen und schichtenstrukturellen Beschaffenheitsunterschieden der Gegenstände entspricht und ebenfalls einen Einfluß auf die Größe der Strahlenabsorption im Körper haben kann.

Die enge Verknüpfung dieser vier konstitutionellen Hauptkennzeichen untereinander macht Einzeluntersuchungen der Merkmale hinsichtlich ihres Einflusses auf die aufgenommene Strahlungsenergie bei der Durchleuchtung sehr schwierig, zumal die zahlreichen anderen, die Strahlenbelastung mitbestimmenden Parameter (von Seiten der Geräte und Apparaturen, der Untersucher bzw. Untersuchungstaktiken sowie des Krankheitsbefundes) oft stark variieren und die Auswahlvergleichbarer Gruppen erschweren. Nur die statistische Auswertung eines sehr breiten Stichprobenmaterials kann hier zu Ergebnissen führen; doch selbst diese wird

man mit Zurückhaltung betrachten müssen, präzise Aussagen darf man nicht erwarten.

Die bisher veröffentlichten Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen spiegeln diese Problematik wider: Die häufig voneinander abweichenden oder gar einander widersprechenden Zahlen in der Literatur müssen aus der Schwierigkeit heraus verstanden werden, die die Beschaffung vergleichbarer Daten bereitet.

3.1.1. Statur (Größe, Gewicht, Thoraxdurchmesser):

ZIELER (1961) (25) konnte keinen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Flächenindex und Patientendurchmesser in seinem Stichprobenmaterial feststellen. Untersuchungen von CLARKE et al. (4) wiesen darauf hin, daß die Bestimmung des Thoraxdurchmessers allein nicht genügt, um zuverlässige Angaben über die Exposition zu gewinnen. Das gleiche gilt für die isolierte Betrachtung der Größe und des Gewichtes. Die körperlichen Abmessungen sind, wie oben bereits angeführt, recht eng miteinander korreliert (wozu sich noch Alter und Geschlecht gesellen) und müßten eigentlich, will man ihren Einfluß auf die Strahlenabsorption untersuchen, in ihrem komplexen Zusammenhang belassen und als Ganzes betrachtet werden. Dies ist praktisch jedoch sehr schwierig.

NEUMANN (1962) (14) hat einen erwähnenswerten Versuch in dieser Richtung unternommen: Er faßte bei seinen im Stuttgarter Gesundheitsamt an einem etwa 1000 Patienten zählenden Kollektiv angestellten Untersuchungen die körperlichen Maße unter dem Begriff der "Statur" zusammen, wobei er "dick", "mittel" und "dünn" unterschied. Unabhängig von Maßband und Waage, überließ er es dem "Eindruck" des Untersuchers, die Patienten jeweils einer dieser Kategorien zuzuordnen. NEUMANN konnte dabei eine erhöhte Strahlenbelastung dicker Patienten gegenüber dünnen statistisch sichern (Mittelwertdifferenz > 3 s). Er kam zu dem Schluß, daß dicke Patienten wegen der stärkeren Absorption höhere Spannungs- bzw. Stromwerte benötigen; denn er fand bei dicken Patienten in der Regel höhere kV-Werte, was einer erhöhten Strahlenbelastung gleichkommt, wenn man eine konstante Leuchtschirmhelligkeit voraussetzt.

Untersuchungen von PAPE und ZAKOVSKY (1960) (15) dagegen zeigen bei Pyknikern eine geringere Dosis als bei Asthenikern. Die beiden Autoren sehen die Ursache in der beim Pykniker wegen der vermehrt auftretenden Streustrahlung verstärkten Einblendung.

Im Ergebnis widersprechen sich die beiden Untersuchungen, doch ist diese Diskrepanz durch die unterschiedliche Untersuchungstechnik wohl hinreichend er-

klärbar: Einmal wurde bei Pyknikern verstärkt eingeblendet, das andere Mal offenbar nicht. Das Beispiel unterstreicht noch einmal, wie schwer es ist, Meßergebnisse verschiedener Untersuchungsreihen zu vergleichen, und wie groß die Vorbehalte bei ihrer Deutung sein müssen.

Ebenfalls umfangreiche Untersuchungen über die Flächeneinfalldosis, vorwiegend bei der Abdomendurchleuchtung, veröffentlichte FRIK (1964) (7). FRIK, der die Dosisleistung am Systemeingang des Bildverstärkers als Vergleichskriterium für die Patientenbelastung heranzog und dabei mit einer Dosisleistungsautomatik arbeitete, suchte mögliche Unterschiede in der Strahlenexposition festzustellen zwischen der Benutzung einer Fernsehdurchleuchtung einerseits und der Bildverstärkerdurchleuchtung und konventionellen Durchleuchtung andererseits. Er kam dabei zu dem Ergebnis, daß die Strahlenabsorption bei der Fernsehdurchleuchtung für dicke Patienten nennenswert größer und für dünne Patienten nennenswert geringer als bei der konventionellen und Bildverstärkerdurchleuchtung ist, wenn man die Dosisleistung am Systemeingang und damit ungefähr auch die Detailerkennbarkeit konstant hält. So war für Patienten mittlerer Körperstärke die Strahlenbelastung bei der Fernsehdurchleuchtung ebenso groß wie bei der konventionellen oder Bildverstärkerdurchleuchtung (etwa 90 kV Spannung). Bei korpusculierten Patienten stieg dagegen die Durchleuchtungsspannung auf 115-120 kV an, während sie bei Abdomendurchleuchtungen dünner Patienten bis auf 60 kV absank.

Nach dem WACHSMANN'schen Nomogramm (1951) (24) entsprechen die größten von FRIK gemessenen Unterschiede in der erforderlichen Durchleuchtungsspannung zwischen sehr dicken und sehr dünnen Patienten einer Änderung der durchschnittlichen Einfalldosis um den Faktor 5. Entsprechende Verhältnisse fand FRIK auch bei der Thoraxdurchleuchtung vor: Wie bei der Abdomendurchleuchtung ergab sich auch hier für dünne Patienten eine Einsparung an Strahlenbelastung, während für dickere Patienten, gleiche Detailerkennbarkeit vorausgesetzt, eine geringe Erhöhung in Kauf genommen werden mußte.

Eine ähnliche Abhängigkeit der Strahlenbelastung von den konstitutionellen Patientenmerkmalen in Verknüpfung mit der Art des jeweils benutzten Verstärkersystems (konventionelle Durchleuchtung einerseits, Vidikon-Fernsehdurchleuchtung andererseits) zeigen auch Untersuchungen von JANKER und STANGEN (1962) (10).

3.1.2. Alter und Geschlecht

Die Merkmale ALTER und GESCHLECHT bereiten in ihrer isolierten Untersu-

chung hinsichtlich einer Beeinflussung der Strahlendosis noch größere Schwierigkeiten als die Körpermaße. Auf ihre Beziehungen zur Körpergröße und -tiefe sowie zum Gewicht wurde bereits hingewiesen.

Eine ausgeprägte Altersabhängigkeit der Strahlenbelastung läßt sich für die ersten 15 - 20 Lebensjahre, d. h. für die Zeit des größten Körperwachstums, theoretisch fordern: In diesem Zeitraum vervielfachen sich die Körpermaße; entsprechend sollte sich auch die Integraldosis bei der Durchleuchtung vergrößern.

Einmal ausgewachsen, altert der Mensch jedoch ohne ähnlich starke Änderungen seiner Statur. Untersuchungen an Patienten, die sich bereits außerhalb des Wachstumsalters befanden, zeigten nun aber ebenfalls Beziehungen zwischen Alter und Strahlenbelastung, wobei man andere als an die Statur geknüpfte Ursachen annehmen muß.

NEUMANN (14) fand bei dem bereits genannten Prüfkollektiv von 628 Männern und 403 Frauen bei beiden Geschlechtern gleichermaßen eine Zunahme der Flächeneinfallsdosis mit dem Lebensalter. Die Mittelwertdifferenz zwischen der von ihm gewählten unteren (15 - 44 Jahre) und der oberen Altersgruppe (45 Jahre und darüber) betrug in beiden Fällen zwischen 2s und 3s. Sie kam jedoch vor allem durch Unterschiede in der Durchleuchtungszeit zustande; die Dosisleistung zeigte dabei nämlich nur geringe Differenzen. NEUMANN machte deshalb die im Alter häufigeren Nebenfunde sowie auch die mit dem Alter zunehmende Bewegungsschwerfälligkeit für den Unterschied verantwortlich. Ähnlich sind auch die von BEEKMANN und KRUIZINGA (1961) (2) gefundenen Beziehungen zwischen Alter und Durchleuchtungszeit zu deuten.

Ebenfalls vorwiegend indirekter Natur ist die Beeinflussung der Strahlenbelastung durch das Geschlecht. Bei den Untersuchungen NEUMANNs war die Flächeneinfallsdosis bei den Männern statistisch hoch gesichert größer als bei den Frauen. NEUMANN sah hierin jedoch keinen echten Geschlechtsunterschied, sondern glaubte, es aus der Erfahrung heraus erklären zu können, daß sich Frauen bei der fließenden Durchleuchtung in der Regel etwas anständiger benehmen als Männer, was die Durchleuchtungszeit verkürzt. Seine bei Frauen etwas niedriger gefundenen Werte der Durchleuchtungszeit bei ungefähr gleichgroßer Dosisleistung bestätigen diesen Eindruck.

Zu einem ganz anderen Ergebnis kamen PAPE und ZAKOVSKY (1960) (15) an Hand eigener Untersuchungen. Sie konnten keinerlei Verknüpfung zwischen Geschlecht und Durchleuchtungszeit feststellen.

3.2. VON DER KONSTITUTION WEITGEHEND UNABHÄNGIGE MERKMALE

Hier interessieren vor allem Faktoren, die durch das Krankheitsbild des Patienten bestimmt werden.

Flächendosismessungen von ARNAL und PYCHLAU (1961) (1) ergaben bei bettlägerigen Patienten eine um rund 30 % stärkere Exposition als bei gehfähigen. Dieser Unterschied leuchtet ohne weiteres ein, da mit zunehmender Schwere des Krankheitsbildes in der Regel auch Beweglichkeit, Dirigierbarkeit und Kooperation vor dem Bildschirm abnehmen.

Entsprechend sind auch Untersuchungen von PAPE und ZAKOVSKY (1960) (15) zu interpretieren, die bei ambulanten Patienten erheblich kürzere Durchleuchtungszeiten als bei stationären hervorkehrten.

Die Frage, ob und wie weit ein erhobener pathologischer Befund die Flächeneinfallsdosis und Durchleuchtungszeit gegenüber dem Normalbefund verändert, haben SCHOEN und GRIESSER (1963) (21) an Hand von etwa 2000 mit Zielaufnahmen verbundenen Durchleuchtungen geprüft. In ihrem Stichprobenmaterial wurde die Indikation zur Röntgenuntersuchung in 57 % der Fälle zwecks Verifizierung eines pathologischen klinischen Befundes und in 43 % der Fälle zum Ausschluß eines klinisch nicht zu sichernden, jedoch möglichen krankhaften Prozesses gestellt. Dabei gelang es, bei 57 % röntgenologisch einen pathologischen Befund zu erheben, obwohl sichere klinische Zeichen fehlten. Andererseits ließ sich bei den Röntgenuntersuchungen zur Verifizierung in 77 % der Fälle ein klinisch festgestelltes krankhaftes Geschehen bestätigen. Differierten klinischer und röntgenologischer Befund, so wurde eine um etwa 10 - 15 % höhere Flächeneinfallsdosis gemessen als bei Übereinstimmung beider Befunde. War der klinische Befund normal, so blieb die Flächeneinfallsdosis im Mittel rund 10 % niedriger als in all denjenigen Fällen, in denen der Kliniker einen krankhaften Befund erhoben hatte.

Von Bedeutung ist ferner auch die Frage, ob bei der Durchleuchtung die Flächeneinfallsdosis einen Einfluß durch die Zahl der vorausgegangenen Röntgenuntersuchungen aus gleicher Fragestellung erfährt, vor allem deshalb, weil die Indikation zur Röntgenuntersuchung heute vielfach noch zu großzügig gestellt wird (SCHOEN) (21). So sind zum Beispiel nicht selten für routinemäßig ange-setzte Kontrolluntersuchungen von pathologischen Befunden die Zeitabstände für eine Befundänderung zu kurz.

In dem von SCHOEN und GRIESSER untersuchten Kollektiv ergaben die ersten zwei Kontrolluntersuchungen etwa die gleiche Dosis wie die Erstuntersuchung.

Bei der dritten und vierten Kontrolldurchleuchtung war dann jedoch eine deutliche Erniedrigung der Flächeneinfalldosis auf 70 bzw. 40 % des ursprünglichen Wertes festzustellen.

Diese Dosiseinsparung wurde offensichtlich dadurch möglich, daß die hinsichtlich Durchleuchtungszeit und Dosis aufwendigeren ersten Untersuchungen zur "Befunderhebung" später meist einer "Befundverifizierung" oder "-kontrollierung" Platz machten; der pathologische Prozeß war dann in der Regel bereits lokalisiert und gedeutet, so daß die Kontrolldurchleuchtung schneller und bei stärkerer Einblendung vor sich gehen konnte.

Erhebungsbogen zur Feststellung der Flächendosis bei Durchleuchtung

Nr.

1/6

--	--	--	--	--	--

I. Instituts-/Klinik-Bezeichnung:

7/8

--	--

Apparat: Firmen- und Typenbezeichnung:

9/10

--	--

Drehstromapparat: ja (1); nein (0)

11

--

Gerät: Firmen- und Typenbezeichnung:

12/13

--	--

Motorische Blenden: ja (1); nein (0)

14

--

Abstand Fokus-Stativwand in cm

15/16

--	--

Flächendosiskammer mißt Aufnahmen mit: ja (1); nein (0)

17

--

II.

Flächendosiskammer-Firmenbezeichnung

18

--

Filterung der Nutzstrahlung in mm Al

19

--

Leuchtschirm-Firmen- und Typenbezeichnung

20

--

Bildverstärker 5 Zoll (1); 7 Zoll (2); 9 Zoll (3)

21

--

Fernsehdurchleuchtung: ja (1); nein (0)

22

--

Untersucher: Name: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

23

--

männl. (1); weibl. (2)

24

--

Berufsausbildung in der diagnost. Radiologie in Jahren

25/26

--	--

III.

Sehvermögen: normalsichtig (1); kurzsichtig mit Brille (2); kurzsichtig ohne Brille (3); weitsichtig mit Brille (4); weitsichtig ohne Brille (5); kurzsichtig und weitsichtig mit Brille (6); ohne Brille (7)

27

--

Patient: Alter in Jahren

28/29

--	--

männl. (1); weibl. (2)

30

--

Gewicht in kg

31/32

--	--

IV.

Größe in cm

33/35

--	--	--

größter a. p. Durchmesser

36/37

--	--

Gehfähig (1); Bettlägerig (2)

38

--

Organ:

Thorax: Lungen (1); Herz (2); Lunge und Herz (3);

39

--

V.

Mediastinum incl. Oesophagus (4); Lunge, Herz und Mediastinum (5);
Kymographie (6); Bronchographie (7); Herzkatheter (8);
Kardiographie (9)

Nicht ausfüllen!

Abdomen: Magen-Duodenum (1); Dünndarm (2); Magen und Dünndarm (3).

Dickdarm oral (4); Appendix (5).

40/41

V.

Kontrasteinlauf (6); Galle oral (7); Galle i. v. (8);

Pyeloskopie (9); Hystero-graphie (10); Cystographie (11).

Abdomen und Thorax: ja (1); nein (0)

42

Untersuchung: Durchleuchtung:

konventionelle Durchleuchtung: ja (1); nein (0)

43

Bildverstärker-Durchleuchtung: ja (1); nein (0)

44

Fernseh-Durchleuchtung: ja (1); nein (0)

45

Spannung 50 bis 70 kV (1); Spannung über 70 kV (2)

46

mA

47

im Stehen (1); im Liegen (2); im Stehen und im Liegen (3)

48

Raumbelichtung weiß (1); blau (2); grün (3); rot (4)

49

	min.	sec.
Zeit in min. und sec.	50/53	
r cm ²	54/57	

Zielaufnahmen: keine (00)

Aufnahmezahl

58/59

Filmzahl

60/61

Format: 13/18 ja (1); nein (0)

62

18/24 ja (1); nein (0)

63

24/30 ja (1); nein (0)

64

35/35 ja (1); nein (0)

65

15/40 ja (1); nein (0)

66

Hartstrahlentechnik (100 kV) ja (1); nein (0)

67

Kinematographie ja (1); nein (0)

68

Filmlänge in m

69

Bildzahl/sec.

70/71

VI.

und Anzahl 1.9

Untersuchungs-Ergebnis:

Ist ein pathologischer Befund erhoben? ja (1); nein (0)

72

Übereinstimmung mit klin. Diagnose? ja (1); nein (0)

73

Vorabgegangene Röntgenuntersuchung aus gleicher Fragestellung?

nein (0); ja, Zahl? (1—9)

74

Übereinstimmung mit vorabgegangener Röntgenuntersuchung?

ja (1); nein (0)

75

VII.

Datum:

76/79 Tag Monat

4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4.1. VORBEMERKUNGEN ZUM STICHPROBENMATERIAL UND SEINER AUSWERTUNG

Als Ausgangsmaterial der Untersuchungen dienten 4070 Erhebungsbögen der oben genannten Gemeinschaftserhebung. 19 Röntgeninstitute deutscher und schweizer Krankenanstalten waren an der Sammlung der Daten beteiligt.

Die Seiten 16 und 17 zeigen ein Muster der verwandten Erhebungsformulare.

Die auf dem Erhebungsbogen angeführten 52 Daten konnten auf Grund der speziellen Fragestellung der vorliegenden Arbeit auf die folgenden 12 reduziert werden:

Spalte 28/29	Patientenalter in Jahren	PATIENTEN - ===== MERKMALE =====
" 30	Geschlecht des Patienten	
" 31/32	Gewicht des Patienten in kg	
" 33/34/35	Größe des Patienten in cm	
" 36/37	Größter a. p. -Durchmesser des Patienten in cm	
" 38	Gehfähigkeit oder Bettlägerigkeit des Patienten	
" 72	Pathologischer Befund erhoben - ja / nein	
" 74	Zahl der vorausgegangenen Röntgenuntersuchungen aus gleicher Fragestellung	
Spalte 39	Die untersuchten Thoraxorgane	
" 41	Die untersuchten Abdominalorgane	
Spalte 50/51/52/53/	Die Durchleuchtungszeit in min	
" 54/55/56/57/	Die Flächeneinfalldosis in R·cm ²	

Das ausgewertete Stichprobenmaterial ist strukturell recht inhomogen: Die Untersuchungen waren zum Teil mit der konventionellen Durchleuchtung (ca. 60 %), zum Teil aber auch mit der Bildverstärker- oder Fernsehdurchleuchtung (ca. 40 %) durchgeführt worden. In der Auswertung wurden diese Unterschiede jedoch ebenso wenig berücksichtigt wie die Daten über die Institute und Untersucher (7/8, 23); die Aufsplitterung des Materials und die damit verbundene Minderung der statistischen Aussagekraft wäre sonst zu groß gewesen.

Um die Auswertung zu erleichtern, wurden die 12 ausgewählten Daten auf IBM-Lochkarten übertragen. Die Zusammenstellung der einzelnen auf ihre mittlere Flächeneinfallsdosis und Durchleuchtungszeit zu untersuchenden Stichprobengruppen konnte so jeweils mit Hilfe einer IBM-Sortiermaschine bewerkstelligt werden. Addition und Quadrierung der Einzelwerte der Flächeneinfallsdosis und Durchleuchtungszeit wurden ebenfalls maschinell durchgeführt.

Da sich der Gesamtumfang (N) der Einzelfälle im Verlauf der Sortiervorgänge an der Maschine durch Kartenverlust von 4070 auf 4063 erniedrigte, geben die folgenden Tabellen und graphischen Darstellungen zum Teil Werte an, die zwischen diesen beiden Zahlen liegen.

In den Diagrammen und Tabellen werden folgende Abkürzungen benutzt:

DLZ	=	Durchleuchtungszeit
FED	=	Flächeneinfallsdosis
FI	=	Flächenindex

4.2. UNTERSUCHUNGSGANG

Es sind die Flächeneinfallsdosis und die Durchleuchtungszeit bezüglich der Patientenmerkmale (28 - 38, 72, 74) zu untersuchen. Zweckmäßigerweise wird dabei jedes Merkmal für sich, getrennt, mit diesen beiden Größen in Beziehung gesetzt.

Da das Ausmaß der Flächeneinfallsdosis und Durchleuchtungszeit entscheidend mitbestimmt wird von dem jeweils untersuchten Organ, wurde bei jeder Einzeluntersuchung nach Organen getrennt. In den Ergebnissen ist jedoch diese übergeordnete Aufteilung, die zunächst jeder einzelnen Stichprobe zugrunde liegt, nicht immer wiederzufinden; sie erübrigt sich sogar in den meisten Darstellungen, da in der Regel eine eventuelle Abhängigkeit der Durchleuchtungszeit und Flächeneinfallsdosis von den Patientenmerkmalen bei allen untersuchten Organen gleichsinnig besteht. Liegt eine Abhängigkeit vor, so muß

sie sich im Gesamtkollektiv genauso widerspiegeln wie in den einzelnen nach Körperregionen aufgeteilten Stichproben.

4.3. AUFTEILUNG DES GESAMTMATERIALS AUF DIE EINZELNEN UNTERSUCHTEN ORGANE

Das Stichprobenmaterial umfaßt Untersuchungen der verschiedensten Brust- und Bauchorgane:

1) Lunge	}	<u>THORAX</u>
2) Herz		
3) Lunge und Herz		
4) Mediastinum incl. Oesophagus		
5) Mediastinum, Herz und Lunge		
6) Magen-Duodenum	}	<u>ABDOMEN</u>
7) Kontrasteinlauf		
8) Galle oral		

Von den 4070 ausgewerteten Untersuchungen entfielen 1757 (= 43,2 %) auf Thoraxdurchleuchtungen und 2313 (= 56,8 %) auf Abdomendurchleuchtungen. Untersuchungen, bei denen sowohl der Thorax als auch das Abdomen durchleuchtet wurden, sind in dem Stichprobenmaterial nicht enthalten.

Tabelle 2 und Abbildung 1 geben die Aufteilung des Gesamtmaterials über die acht genannten Organuntersuchungen wieder. Für jede Körperregion sind die zugehörigen Mittelwerte der DLZ, FED und des FI einschließlich der Standardabweichung der Mittelwerte aufgeführt.

Für die Berechnung der Mittelwerte, der Standardabweichung der Einzelwerte (standard deviation) und der Standardabweichung der Mittelwerte (standard error) wurden folgende Formeln benutzt:

a) Mittelwert (Symbol: $\bar{x}$):

Unter dem Mittelwert versteht man das arithmetische Mittel einer Gruppe von Meßdaten, d. h. den Quotienten aus der Summe der Einzelmeßwerte (X) und der Anzahl der Population (n):

$$\bar{x} = \frac{\sum (x)}{n}$$

=====

b) Standard deviation (Symbol: $\pm s$):

Die standard deviation ist der einfache mittlere Fehler oder die Standardabweichung des Einzelwertes. Sie gibt dies- und jenseits des Mittelwertes ($\bar{x} \pm s$) diejenigen Grenzen an, zwischen denen sich etwa 68 % der jeweils untersuchten Stichprobendaten bewegen; der Bereich $\bar{x} \pm 2s$ umfaßt sogar 95 % aller gemessenen Einzelwerte.

Die standard deviation wurde in allen Auswertungen dieser Arbeit nach folgender Formel berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{sx^2 - \frac{(sx)^2}{n}}{n - 1}}$$

=====

c) Standard error (Symbol: $\pm s_{\bar{x}}$):

Hierunter versteht man den mittleren Fehler oder die Standardabweichung des Mittelwertes:

$$s = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

=====

Sie stellt ein Maß für die Streuung des Mittelwertes dar und wird mit zunehmender Zahl von Einzelwerten kleiner. Die Angabe $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ besagt, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 68 % der "wahre" Mittelwert im Bereich $\bar{x} - s_{\bar{x}}$ bis $\bar{x} + s_{\bar{x}}$ und mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 % im Bereich $\bar{x} - 2s_{\bar{x}}$ bis $\bar{x} + 2s_{\bar{x}}$ liegt.

Die Aufschlüsselung des Materials nach Organen offenbart eine beträchtliche Abhängigkeit der DLZ und FED von den jeweils untersuchten Körperregionen. Tabelle 2 und Abbildung 1 bringen diese Verbundenheit deutlich zum Ausdruck.

Die geringste FED und DLZ weist die Durchleuchtung der Lunge auf. Die Werte liegen jedoch nur wenig unter denen der Untersuchung des Herzens sowie der kombinierten Herz-Lungen-Durchleuchtung.

Recht niedrige FED- und DLZ-Werte ergeben sich auch bei der oralen Cholecystographie. Erst dann folgen die Durchleuchtungen des Mediastinums einschließlich Herz und Lunge bzw. Oesophagus. Die Untersuchung des Magens und Duodenums sowie der Kontrasteinlauf sind bezüglich der FED und DLZ von allen anderen Durchleuchtungen klar abgesetzt und liefern mit Abstand die

höchsten Zahlen.

So verhalten sich zum Beispiel die Werte des Kontrasteinlaufs zu denen der Lunge etwa wie 12 : 1 bei der FED, wie 4 : 1 bei der DLZ und wie 3,5 : 1 beim FI.

Da der Kontrasteinlauf und die Untersuchungen des Magens und Duodenums zusammen bereits rund 50 % des gesamten Stichprobenmaterials ausmachen, liegen die Mittelwerte der FED, der DLZ und des FI für die gesamte Stichprobe ebenfalls recht hoch.

Abbildung 1

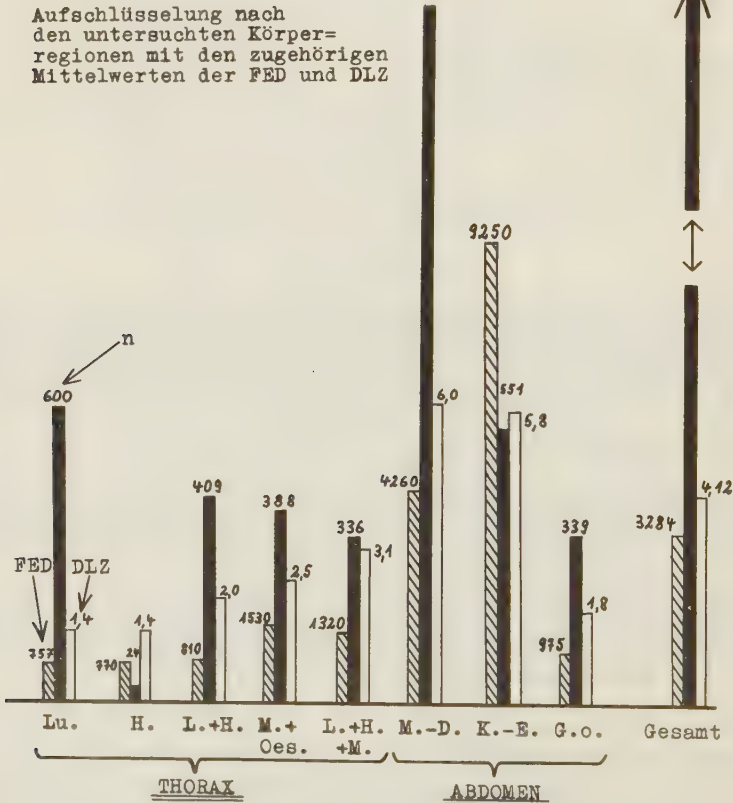


Tabelle 2

Aufteilung des Gesamtmaterials N über die einzelnen untersuchten Organe. Für jede Körperregion sind die zugehörigen Mittelwerte der FED und DLZ mit den Vertrauensbereichen aufgeführt.

Organ	n absol.	%	FED (R·cm ²) ± $\sqrt{s^2/n}$	DLZ (min) ± $\sqrt{s^2/n}$	FI (R·cm ² /min)
Lunge	600	14,8	757 ± 65,2	1,39 ± 0,08	544
Herz	24	0,6	770 ± 155,9	1,40 ± 0,28	550
Lunge + Herz	409	10,3	810 ± 158,8	2,02 ± 0,10	401
Mediast. incl. Oesoph.	388	9,5	1530 ± 108,7	2,45 ± 0,13	625
Lunge + Herz + Mediast.	336	8,2	1320 ± 275,7	3,09 ± 0,15	427
Magen-Duodenum	1423	35,0	4260 ± 172,0	6,00 ± 0,10	710
Kontrasteinlauf	551	13,5	9250 ± 631,1	5,84 ± 0,15	1589
Galle oral	339	8,3	975 ± 66,2	1,78 ± 0,07	549
Gesamt	4070	100,0	3284 ± 118,3	4,12 ± 0,06	797

4.4. UNTERSUCHUNG HINSICHTLICH DER PATIENTENGRÖSSE

Das Gesamtmaterial wurde nach Dezimetern in fünf Größenklassen aufgegliedert; ferner wurden alle Längenmaße unter 140 cm sowie solche über 190 cm zu zwei weiteren Klassen zusammengefaßt. Jede der sieben Einzel-Stichproben wurde dann auf seine mittleren FED-, DLZ- und FI-Werte hin untersucht. Die Tabelle 3 und die Abbildungen 2 - 4 geben die Ergebnisse dieser Aufschlüsselung wieder.

Tabelle 3

Größe (cm)	n		mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FED $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FI
	absol.	%	(min)		(R·cm ²)		(R·cm ² /min)
<140 cm	23	0,6	2,20	0,40	713	235,8	325
140 - 149 cm	46	1,1	4,90	0,57	3170	645,2	647
150 - 159 cm	640	15,7	4,22	0,15	2766	156,6	658
160 - 169 cm	1815	44,7	4,09	0,08	3384	189,1	828
170 - 179 cm	1257	30,8	4,17	0,10	3380	216,7	835
180 - 189 cm	265	6,5	4,00	0,22	3526	569,1	882
190+>190 cm	23	0,6	3,29	1,58	4744	3481,0	1440
Gesamt	4069	100,0	4,12	0,06	3284	118,3	797

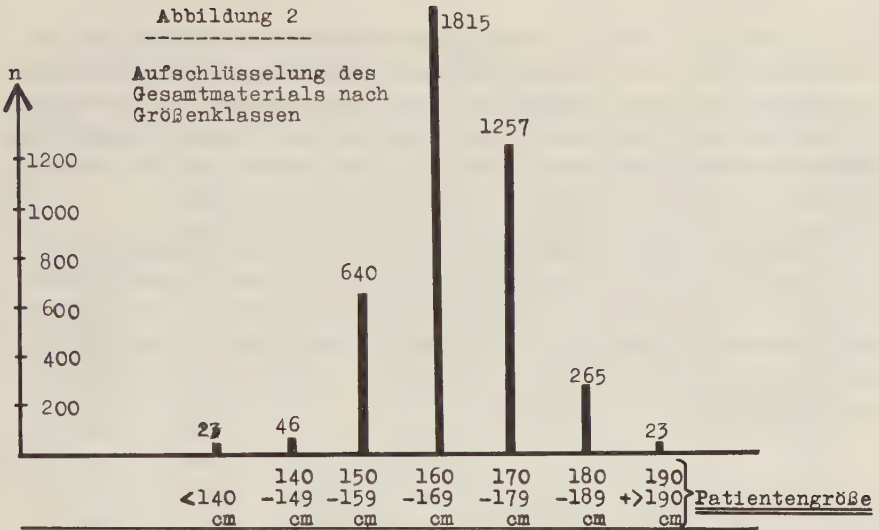
Die weitere Aufgliederung der einzelnen Größenklassen nach Organuntersuchungen führte zu keinen von der Tabelle 2 abweichenden Ergebnissen. Eine Verknüpfung einzelner Organdurchleuchtungen mit bestimmten Größenklassen ließ sich nicht nachweisen. Die Zahlenwerte der zusätzlichen Organaufschlüsselung wurden deshalb tabellarisch nicht mit aufgeführt.

Ergebnis

Die Aufgliederung des Stichprobenmaterials nach Größenklassen ergibt eine leicht rechtsschiefe Verteilungskurve (Abbildung 2). In dem Bereich zwischen 160 und 179 cm kommen bereits 75 % aller Daten zu liegen, die Grenzen 150 cm und 189 cm umfassen sogar rund 98 % des Gesamtmaterials.

Die graphische Darstellung der Durchleuchtungszeit (Abbildung 3) weist zwischen den zuletzt genannten Grenzen einen fast konstanten, waagerechten Verlauf auf. Die Durchleuchtungszeit ist hier von der Patientengröße weitgehend unabhängig.

Abbildung 2



DLZ
(min)

Abbildung 3

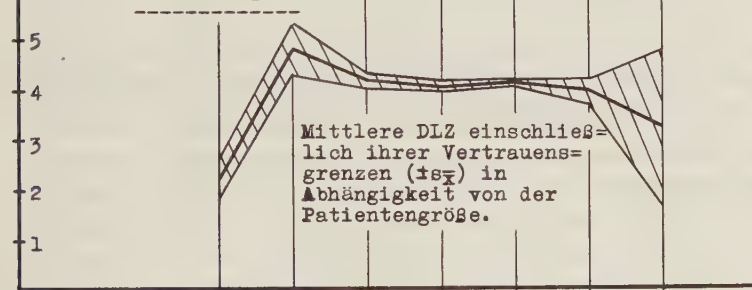
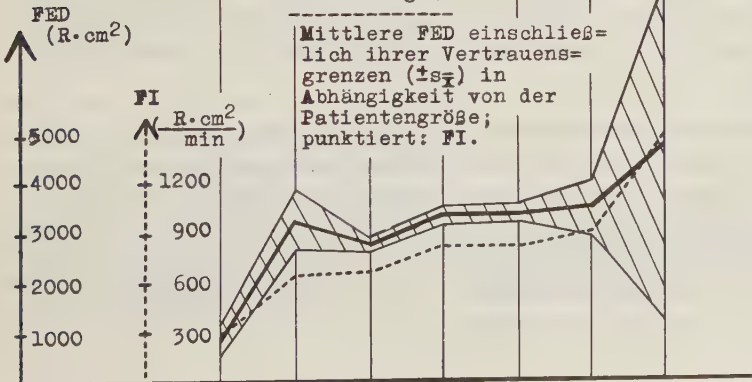


Abbildung 4



Die Unregelmäßigkeiten des Kurvenverlaufes liegen ausschließlich in den Bereichen unter 150 cm und über 189 cm. Diese Größenklassen sind jedoch zahlenmäßig so klein (0,6 %, 1,1 % und 0,6 % des Gesamtmaterials) und statistisch mit einer so großen Fehlerbreite behaftet, daß sie keine Aussagen erlauben. Die gefundene Unabhängigkeit der Durchleuchtungszeit von der Patientengröße wird durch diese wenigen abweichenden Werte nicht in Frage gestellt.

Wie aus der Abbildung 4 zu entnehmen ist, nehmen Flächeneinfalldosis und Flächenindex im Gegensatz zur Durchleuchtungszeit mit der Patientengröße stetig zu. Der Anstieg ist jedoch gering, wenn man wieder nur den aussagestarken Bereich zwischen 150 und 189 cm betrachtet. Er entspricht bei einem Sprung von 15 auf 18 Dezimetern einer Zunahme um 20 - 25 % bei der FED und um etwa 30 % beim FI.

4.5. AUFSCHLÜSSELUNG NACH DEM MAXIMALEN SAGITTAL-DURCHMESSER

Der maximale Sagittal-Durchmesser des Prüfkollektivs unterliegt sehr breiten Schwankungen: Er streut zwischen 10 und über 40 cm. Etwa 2/3 aller Durchmesser liegen in dem Bereich zwischen 18 und 25 cm.

Tabelle 4 und Abbildung 5 geben die Verteilung auf die verschiedenen Durchmesser im einzelnen wieder.

Ergebnis

Im Rahmen des untersuchten Stichprobenmaterials läßt sich, wie die Abbildung 6 erkennen läßt, eine Abhängigkeit der DLZ vom maximalen Sagittal-Durchmesser des Patienten klar ausschließen. Die DLZ ist im Mittel bei allen Durchmessern annähernd gleich lang, ihre Schwankungen liegen im Bereich der Fehlerbreite.

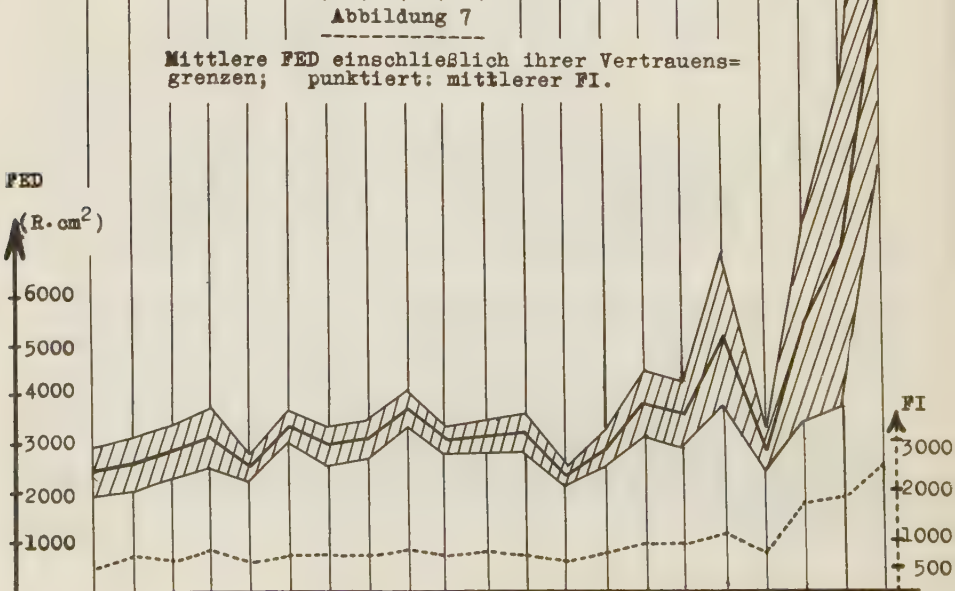
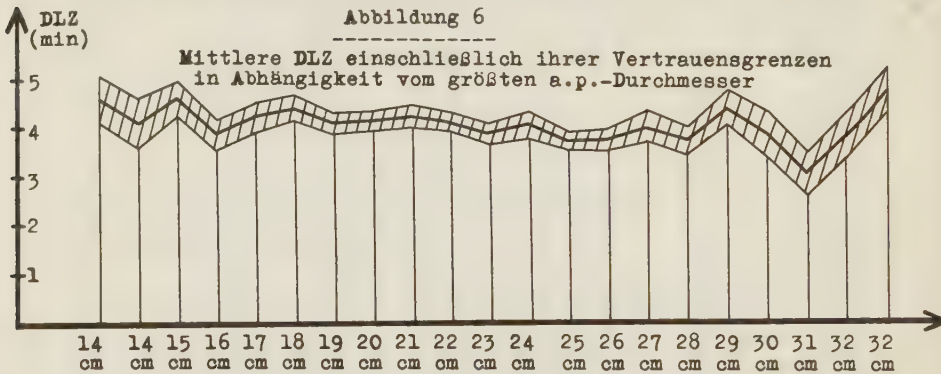
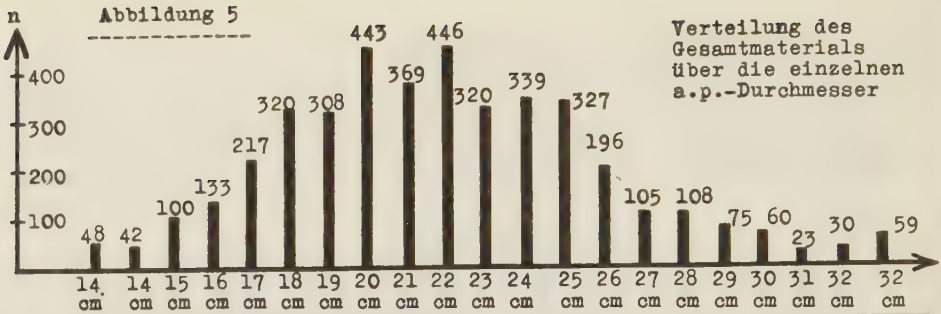
Ein ganz anderes Bild vermittelt die Darstellung der FED (Abbildung 7). Hier weisen die Mittelwerte sehr viel stärkere Schwankungen auf; diese sind dabei ausgesprochen regellos verteilt. Eine Tendenz läßt sich den FED-Werten bestenfalls bei den Durchmessern oberhalb von 26 cm unterstellen, wo die Mittelwerte stellenweise um 50 - 100 % höher liegen als bei den Durchmessern unter 26 cm. Bei den Sagittal-Durchmessern jenseits von 32 cm betragen sie sogar rund 400 % der Dosis am Kurvenanfang.

Tabelle 4

Größter a. p. -Durch- messer (cm)	n		mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FED $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FI (R·cm ² /min)
	absol.	%	(min)		(R·cm ²)		
<14 cm	48	1,2	4,72	0,49	2350	485,2	498
14 cm	42	1,0	4,13	0,55	2503	553,8	606
15 cm	100	2,5	4,69	0,41	2781	498,3	595
16 cm	133	3,3	3,90	0,30	3083	657,6	793
17 cm	217	5,3	4,27	0,30	2488	273,8	584
18 cm	320	7,9	4,49	0,22	3327	338,2	740
19 cm	308	7,6	4,17	0,19	2925	404,1	704
20 cm	443	10,9	4,17	0,18	3035	365,3	730
21 cm	369	9,1	4,31	0,19	3676	417,3	853
22 cm	446	11,0	4,19	0,18	2961	255,7	705
23 cm	320	7,9	3,87	0,21	3082	321,5	800
24 cm	339	8,3	4,05	0,19	3195	362,6	790
25 cm	327	8,0	3,75	0,19	2334	191,9	622
26 cm	196	4,8	3,72	0,25	2933	329,4	790
27 cm	105	2,6	4,03	0,32	3736	653,8	927
28 cm	108	2,7	3,70	0,32	3516	628,2	950
29 cm	75	1,8	4,39	0,40	5249	1559,3	1195
30 cm	60	1,5	3,98	0,50	2920	402,7	732
31 cm	23	0,6	3,06	0,48	5364	1927,5	1750
32 cm	30	0,7	3,73	0,52	6989	3201,0	1870
>32 cm	59	1,5	4,87	0,42	12276	3712,0	2530
Gesamt	4068	100,0	4,12	0,06	3284	118,3	797

Der Anstieg der FED bei sehr großem Sagittal-Durchmesser geht infolge der annähernden Konstanz der DLZ mit einer entsprechenden Zunahme des FI einher.

Das Ausmaß der Schwankungen der FED bei den Durchmessern über 26 cm kontrastiert stark mit den zugehörigen, anfangs noch relativ kleinen standard-error-Grenzen. Bei der Beurteilung des Ergebnisses scheint deshalb eine große Reserve geboten.



4.6. AUFGLIEDERUNG NACH DEM GEWICHT

Das Untersuchungskollektiv wurde bezüglich des Gewichtes in Klassen mit jeweils 10 kg Streubreite aufgeteilt.

Die Gewichtsgruppen 0 - 9 kg, 10 - 19 kg, 20 - 29 kg und 30 - 39 kg wurden in einer Gruppe zusammen betrachtet, da sie zahlenmäßig zu klein ausfielen, um eine Einzeluntersuchung zu rechtfertigen. Doch auch die Stichprobe 0 - 39 kg umfaßt nur 0,9 % aller Untersuchungen, so daß den Ergebnissen dieser Gruppe bei der Auswertung keine große Aussagekraft zukommt.

Ein Bild über die Verteilung des Gesamtmaterials über die einzelnen Gewichtsklassen vermitteln die Tabelle 5 und die Abbildung 8.

Tabelle 5

Gewicht (kg)	n		mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FED $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FI (R·cm ² /min.)
	absol.	%	(min)		(R·cm ²)		
0 - 39 kg	36	0,9	4,68	0,84	1938	563,1	414
40 - 49 kg	228	5,6	4,85	0,27	3712	493,3	765
50 - 59 kg	826	20,3	4,40	0,13	3288	262,0	748
60 - 69 kg	1275	31,4	4,20	0,11	3050	181,6	727
70 - 79 kg	989	24,3	3,90	0,11	3085	229,2	791
80 - 89 kg	476	11,7	3,80	0,15	3966	398,8	1040
90 + >90 kg	240	5,9	3,50	0,19	3778	732,5	1080
Gesamt	4070	100,0	4,12	0,06	3284	118,3	797

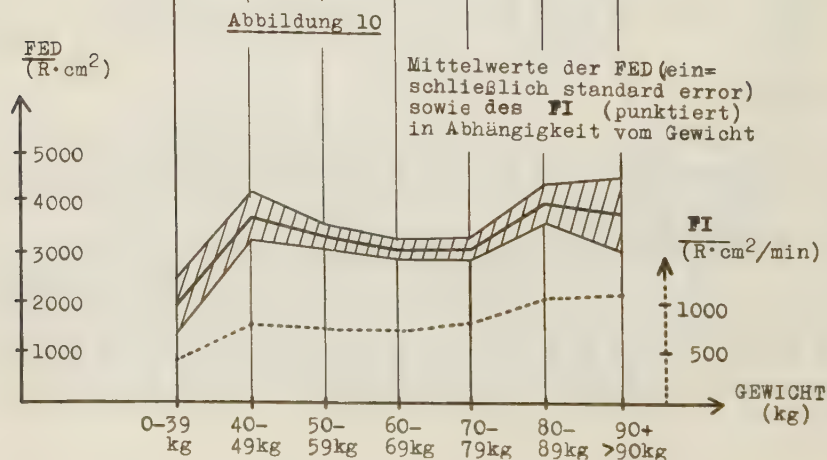
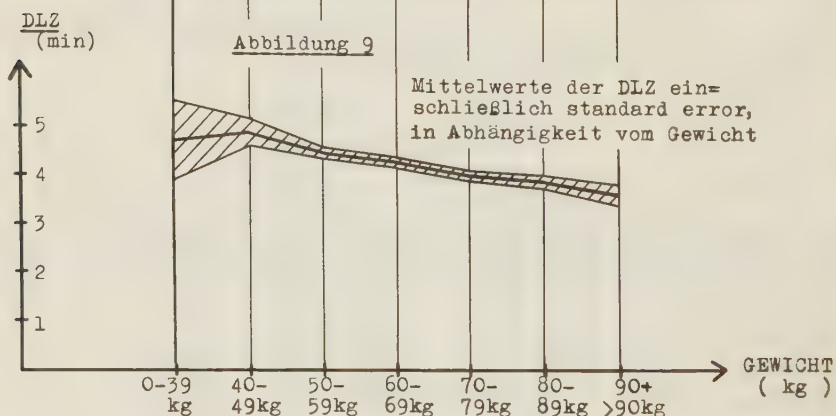
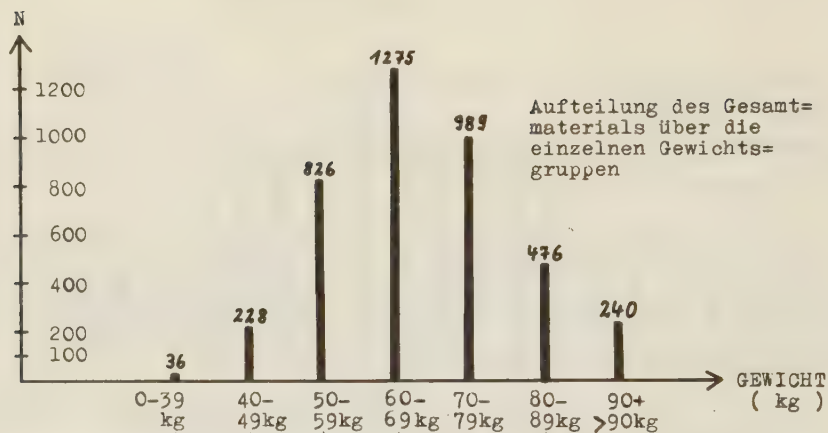
Ergebnis

Bei der Aufschlüsselung des Gesamtmaterials nach dem Gewicht zeigt es sich, daß die mittlere Durchleuchtungszeit mit steigendem Patientengewicht stetig kürzer wird (Abbildung 9). Sie ist in der über 90 kg schweren Gewichtsklasse um 27 % niedriger als in derjenigen mit 40 - 49 kg Gewicht.

Die Mittelwerte der Flächeneinfalldosis (Abbildung 10) bewegen sich dagegen bei allen Gewichtsklassen oberhalb von 40 kg etwa auf dem gleichen Niveau. Ihre Verbindungskurve weist zwar im Bereich zwischen 60 und 80 kg eine Senke und in den Stichproben 40 - 49 kg und über 80 kg Spitzen auf, doch sind

Abbildung 8

- 30 -



diese Niveaudifferenzen gering.

Entsprechend der stetigen Verkürzung der DLZ bei annähernd gleich bleibender FED findet sich beim Flächenindex ein leichter Anstieg der Mittelwerte mit zunehmendem Patientengewicht.

Schlüsselt man das Kollektiv weiter nach den untersuchten Organen auf und betrachtet das Verhalten der DLZ und FED jeweils getrennt für die einzelnen Organdurchleuchtungen, so ergibt sich ein viel komplexeres Bild; die Verhältnisse sind bei den verschiedenen Organen keineswegs einheitlich (Abbildung 9a und 10a, Tabelle 6 und 7):

Die Untersuchungen der Lunge, des Mediastinums incl. Oesophagus sowie der Gallenblase (oral) erfordern bei allen Gewichtsklassen etwa die gleiche Durchleuchtungsdauer. Bei den Untersuchungen des Magens und Duodenums sowie des Dickdarmes, die zusammen bereits 50 % des Gesamtmaterials ausmachen, finden sich dagegen DLZ-Mittelwerte, die mit zunehmendem Patientengewicht deutlich abfallen; das gleiche, wenn auch in geringerem Maße, gilt auch für die kombinierte Herz-Lungen-Durchleuchtung und für die Untersuchung von Lunge, Herz und Mediastinum. Damit repräsentieren die Organuntersuchungen, die eine Verkürzung der DLZ mit steigendem Patientengewicht ergeben, bereits 67 % aller Untersuchungen und bestimmen so weitgehend das Verhalten der DLZ-Mittelwerte in der Gesamtdarstellung (Abbildung 9).

Die deutlich sinkende Tendenz der DLZ-Mittelwerte, wie sie diese Darstellung erkennen läßt, ist jedoch nicht ausschließlich als Summationsergebnis der Einzelkurven aus der Abbildung 9 a zu verstehen, sondern muß zum Teil noch einem anderen Umstand zugeschrieben werden: Die einzelnen Gewichtsklassen unterscheiden sich nämlich in ihrer Organverteilung.

In der Tabelle 9 werden die beiden niedrigsten und beiden höchsten Gewichtsgruppen (40-49 kg, 50-59 kg sowie 80-89 kg und 90 + >90 kg) mit ihrer jeweiligen prozentualen Verteilung auf die verschiedenen Organuntersuchungen einander gegenübergestellt (die Klasse 0-39 kg wurde wegen ihres kleinen Umfangs nicht berücksichtigt).

Zum Vergleich ist auch die prozentuale Organverteilung des Gesamtkollektivs mit aufgeführt.

Es zeigt sich nun, daß sich bei den untersuchten Patienten mit zunehmendem Gewicht eine leichte Verschiebung in der Organverteilung einstellt. Offensichtlich treten bestimmte Krankheitsbilder bei pyknisch konstituierten Personen häufiger auf als bei solchen vom leptosomen Typ, so daß schwere, korpulente

Tabelle 6 +

Mittlere DLZ (min)

Organ- untersuchung	0 - 39 kg	40 - 49 kg	50 - 59 kg	60 - 69 kg	70 - 79 kg	80 - 89 kg	90 + >90 kg
Lunge	0,7	1,5	1,4	1,4	1,5	1,1	1,3
Lunge + Herz	1,1	2,7	2,7	1,8	1,9	2,1	1,5
Med. incl. Oes.	3,2	3,4	2,3	2,5	2,3	2,4	1,9
Lu. + Hz. + Med.	7,1	3,5	3,3	2,6	3,4	2,9	3,6
Mag. -Duoden.	7,6	6,8	6,5	6,7	6,3	6,5	5,8
Kontr. -Einkl.	4,8	6,6	6,2	6,2	5,5	5,1	4,8
Galle oral	1,0	2,4	1,8	1,7	1,5	2,0	2,2

+ die Untersuchung des Herzens, die nur 24 Fälle umfaßt, wurde nicht mit aufgeführt.

Tabelle 7[†]
Mittlere FED (R·cm²)

Organ- untersuchung	0 - 39 kg	40 - 49 kg	50 - 59 kg	60 - 69 kg	70 - 79 kg	80 - 89 kg	90 + > 90 kg
Lunge	71	984	850	835	640	658	660
Lunge + Herz	151	522	786	829	581	1645	804
Med. incl. Oes.	3505	1713	1430	1620	1430	1678	936
Lu. + Hz. + Med.	2030	1010	1011	818	1248	3280	1444
Mag. -Duoden.	2770	3930	3780	4250	4350	5680	4100
Kontr. -Einkl.	2280	9490	9180	8550	9040	9010	18500
Galle oral	990	661	709	803	912	1690	1975

[†] die Untersuchung des Herzens, die nur 24 Fälle umfaßt, wurde nicht mit aufgeführt.

Abbildung 9a

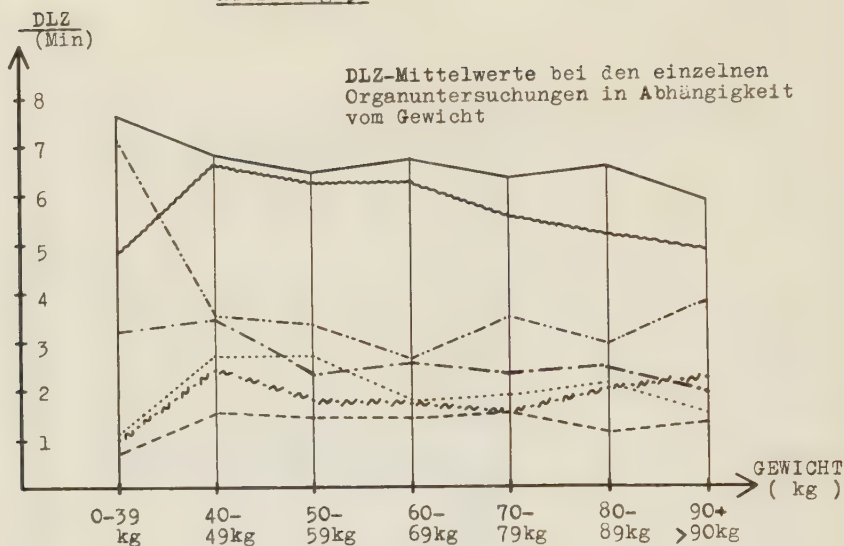
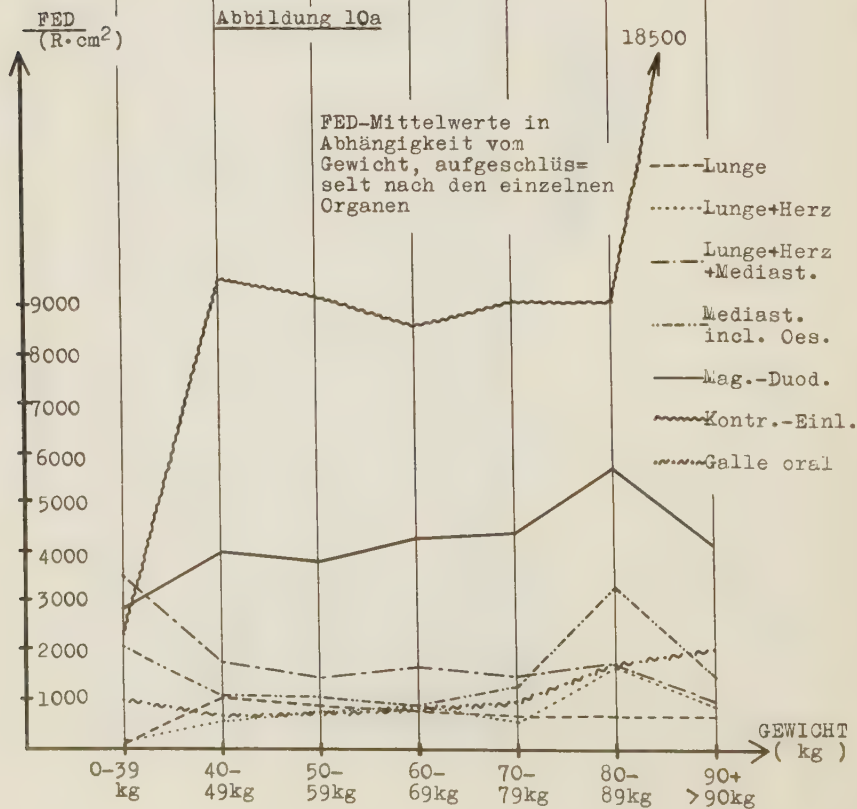


Abbildung 10a



Patienten zu bestimmten Organuntersuchungen vermehrt Veranlassung geben als leichtgewichtige Patienten und umgekehrt. Andererseits vermögen bestimmte Erkrankungen das Gewicht des Patienten auch sekundär in charakteristischer Weise zu beeinflussen; man denke hier nur an die verschiedenen Krankheitsbilder - insbesondere an das Carcinom - des Magen-Darm-Kanals.

So haben die 80 bis über 90 kg schweren Patienten innerhalb ihrer Gruppen einen prozentual höheren Anteil an der sich hinsichtlich der DLZ niedrig verhaltenen Lungen- und Herz-Lungen-Durchleuchtung als die Gewichtsklassen 40 - 49 und 50 - 59 kg. Letztere weisen dagegen an den mit einer langen DLZ verknüpften Durchleuchtungen vom Magen und Duodenum, vom Kontrasteinlauf sowie vom Mediastinum incl. Oesophagus einen größeren prozentualen Anteil auf als die schweren Gewichtsklassen.

Diese Verteilungsdifferenzen unter den einzelnen Gewichtsklassen betragen allerdings durchweg weniger als 10% (Tabelle 9). Erinnert man sich jedoch an die erheblichen Expositionszeit- und Dosisunterschiede bei Abdomen- und Thoraxdurchleuchtungen (die mittlere DLZ verhält sich bei der Untersuchung des Dickdarmes zu der der Lungendurchleuchtung wie 4 : 1; bei der FED beträgt das Verhältnis sogar 12 : 1 (s. S. 22)), so wird verständlich, daß aus den relativ geringen Unterschieden in der Organverteilung im Ergebnis doch eine spürbare zusätzliche Verkürzung der mittleren DLZ mit steigendem Patientengewicht resultiert und damit die fallende Tendenz der DLZ-Mittelwerte in der Gesamtdarstellung (Abbildung 9) noch verstärkt wird.

Tabelle 9

Organ	40-49 kg	50-59 kg	Gesamt material	80-89 kg	90+>90 kg
Lunge	13,2%	12,4%	14,8%	15,5%	17,9%
Herz	0,4%	0,6%	0,6%	0,6%	0,8%
Lunge + Herz	8,8%	7,5%	10,3%	11,8%	13,8%
Mediast.incl.Oes.	8,8%	9,6%	9,5%	8,4%	5,9%
Lunge+Herz+ Med.	6,1%	8,8%	8,2%	8,9%	12,1%
Magen-Duodenum	35,4%	36,5%	35,0%	30,0%	32,0%
Kontrasteinlauf	19,7%	15,9%	13,5%	15,1%	10,0%
Galle oral	7,1%	8,7%	8,3%	9,7%	7,5%
zusammen (%)	100%	100%	100%	100%	100%
" (absolut)	=228	=826	=4070	=476	=240

Bei der Beurteilung der FED und des FI sind grundsätzlich die gleichen Gesichtspunkte zu berücksichtigen wie bei der DLZ:

Auch hier ist die Verbindungskurve der über die gesamte Stichprobe gemittelten FED- und FI-Werte (Abbildung 10 und Tabelle 5) als Ergebnis der Summation der organspezifischen Einzelkurven (Abbildung 10a und Tabelle 7) zu verstehen, das dann wie bei der DLZ durch die in den einzelnen Gewichtsklassen unterschiedliche Organverteilung noch geringe Abwandlungen erfährt.

Betrachtet man die Einzelkurven der nach Organen getrennten FED-Mittelwerte, so findet man überwiegend uncharakteristische Verläufe. Lediglich die Durchleuchtungen des Magens und Duodenums, des Mediastinums incl. Oesophagus sowie der Gallenblase (oral) zeigen bei der FED eine mit wachsendem Patientengewicht leicht ansteigende Tendenz. Diese wird jedoch wieder fast vollkommen kompensiert durch eine leichte Kumulation der mit einer hohen FED verbundenen Durchleuchtungen des Magens und Duodenums sowie des Kontrasteinlaufs in den niedrigen Gewichtsklassen (Tabelle 9), so daß die FED-Mittelwertkurve in der Gesamtdarstellung (Abbildung 10) wieder einen annähernd horizontalen Verlauf darbietet. Berücksichtigt man das stetige Abfallen der mittleren DLZ mit wachsendem Patientengewicht, so ergibt sich hieraus ein geringer Anstieg des FI mit der Gewichtszunahme (Tabelle 5, Abbildung 10).

4.7. AUFGLIEDERUNG NACH DEM ALTER

Bei der Aufschlüsselung des Gesamtkollektivs nach dem Alter erwies sich die Dekade als zweckmäßigste Klassenbreite. Waren die Patienten über 80 Jahre alt, so wurden sie in einer gesonderten Klasse zusammengefaßt; nur so war ein ausreichender Stichprobenumfang gewährleistet.

Ergebnis

Wie aus der Tabelle 10 und den Abbildungen 12 und 13 zu entnehmen ist, korrelieren die DLZ und FED bis zur vierten Lebensdekade recht ausgeprägt mit dem Alter. Etwa vom 50. Lebensjahr an besteht diese Verbundenheit jedoch nicht mehr; fortan wächst die DLZ mit zunehmendem Alter nur noch sehr gering, die FED und der FI sogar überhaupt nicht mehr. Besonders augenfällig offenbaren sich diese Verhältnisse in dem Knick der Verbindungskurve zwischen den FED-Mittelwerten des dritten und fünften Lebensjahrzehntes (Abbildung 13).

In den ersten beiden Lebensdekaden ist ein deutlicher Anstieg der FED (in sehr

Tabelle 10

Alter in Jahren	n		mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FED $\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FI
	absol.	%	(min)		(R·cm ²)		(R·cm ² /min)
0 - 9 J.	18	0,5	2,09	0,46	252	53,7	120
10 - 19 J.	87	2,1	3,00	0,35	1472	206,6	491
20 - 29 J.	454	11,1	3,48	0,15	2109	211,1	605
30 - 39 J.	524	12,9	3,85	0,15	2898	326,3	752
40 - 49 J.	693	17,0	3,99	0,13	3531	340,7	884
50 - 59 J.	999	24,5	4,26	0,12	3480	273,2	816
60 - 69 J.	859	21,2	4,48	0,13	3715	222,6	827
70 - 79 J.	386	9,5	4,51	0,21	3752	127,2	835
80 + >80 J.	50	1,2	5,51	0,67	3898	696,7	707
Gesamt-kollektiv	4070	100	4,12	0,06	3284	118,3	797

viel geringerem Maße auch der DLZ) mit zunehmendem Alter theoretisch zu fordern, da in diesem Zeitraum des größten somatischen Wachstums die körperlichen Parameter (Größe, Gewicht, Sagittaldurchmesser) eine starke Zunahme erfahren. Tatsächlich findet sich auch in unseren Abbildungen hier der steilste Kurvenverlauf.

Die FED und DLZ steigen jedoch auch jenseits des 20. Lebensjahres, nach dem somatische Merkmalsänderungen kaum noch eine Rolle spielen, bis zum fünften bzw. bis zum neunten Lebensjahrzehnt deutlich weiter an. Hier müssen andere als konstitutionelle Faktoren als Ursache in Erwägung gezogen werden:

Der in zwei Phasen trennbare Kurvenverlauf der FED-Mittelwerte läßt Zweifel an einer direkten Beziehung zwischen Alter und Flächeneinfallsdosis aufkommen und an eine Einflußnahme des untersuchenden Arztes auf die applizierte FED denken:

Im diagnostischen Anwendungsbereich von Röntgenstrahlen ist die Strahlengefährdung vorwiegend auf den genetischen Sektor beschränkt; die somatischen Schäden treten hier sehr in den Hintergrund. Es ist nun sehr gut vorstellbar, daß der durchleuchtende Arzt umso peinlicher und genauer alle ihm zur Verfügung stehenden Mittel apparativer und untersuchungstechnischer Art zur Herabsetzung der Strahlenexposition ausschöpft, je jünger der Patient ist. Bei Frauen

Abbildung 11

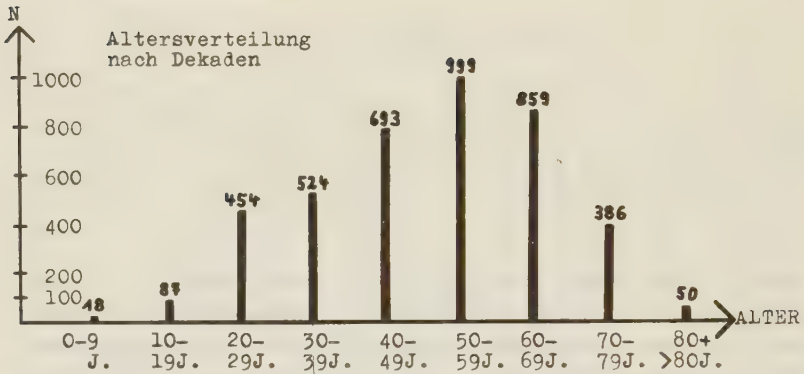


Abbildung 12

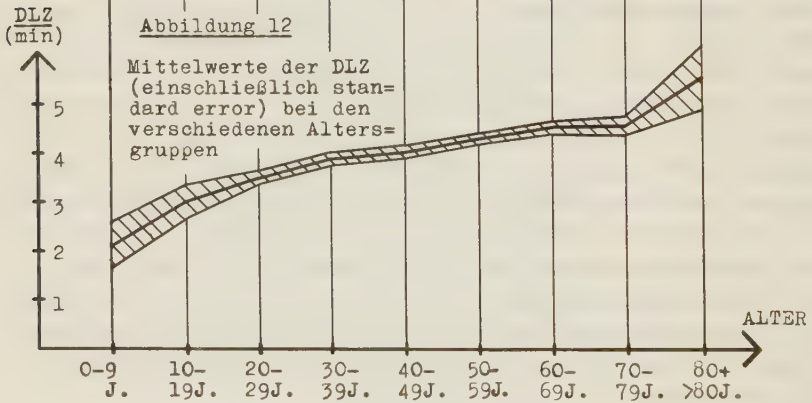
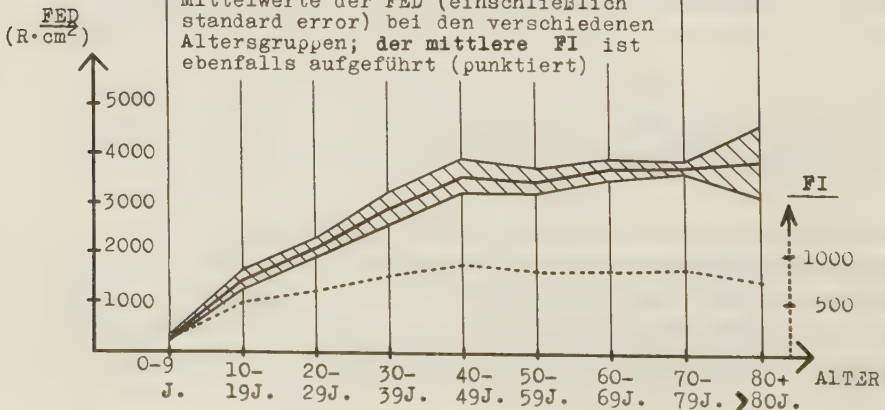


Abbildung 13



spätestens von 50. und bei Männern etwa vom 50. Lebensjahr an hat man jedoch mit einer genetischen Gefährdung nicht mehr zu rechnen. So ist es verständlich, wenn die "Flächendosis-sparenden" Skrupel des Röntgenpersonals jenseits dieser Grenze weniger zum Tragen kommen.

In ihren quantitativen Ausmaßen läßt sich diese Beeinflussung der FED von Seiten der untersuchenden Ärzte kaum abstecken, doch dürfte sie erheblich sein. Der im Bereich der ersten Lebensjahrzehnte steile Kurvenverlauf der mittleren FED in der Abbildung 13 sowie die Sättigung der FED-Werte jenseits der fünften Dekade sprechen für diese Annahme.

Der in höherem Alter gefundene weitere Anstieg der DLZ, besonders ausgeprägt bei den über 80-jährigen Patienten, wird wohl durch die häufig zu beobachtende Schwerfälligkeit und geringere Anstelligkeit älterer Menschen vor dem Bildschirm hinreichend erklärt.

Die zusätzliche Aufschlüsselung der einzelnen Altersklassen nach den untersuchten Körperregionen ergab bei den verschiedenen Organen in der Tendenz der DLZ- und FED-Mittelwerte kein von den Darstellungen des Gesamtmaterials (Abbildung 12 und 13) wesentlich abweichendes Verhalten. Die entsprechenden Zahlen wurden deshalb nicht extra tabellarisch aufgeführt. Dagegen finden sich bei den verschiedenen Altersklassen, ähnlich wie beim Gewicht, wenn auch nicht so ausgeprägt wie dort, Unterschiede in der prozentualen Organverteilung (Tabelle 11). Offenbar gibt es eine bevorzugte Bindung mancher Krankheitsbilder auch an bestimmte Altersgruppen, was sich natürlich in der Art der diagnostischen Fragestellung und der entsprechenden röntgenologischen Untersuchungstechnik niederschlägt.

So sind zum Beispiel die Untersuchungen der Lunge, des Herzens und der Gallenblase im hohen Alter seltener als bei den jungen und mittleren Jahrgängen. Da diese Untersuchungen aber bezüglich ihrer DLZ und FED die niedrigsten Werte erfordern, resultiert bei den älteren Patientengruppen im Gesamtmittel eine längere DLZ und größere FED. Im gleichen Sinne wirkt sich auch die größere Häufigkeit der Durchleuchtungen des Magens und Duodenums und des Kontrasteinlaufs im höheren Alter aus, zeigen doch gerade diese beiden Untersuchungen die höchsten DLZ- und FED-Werte. Diese Gruppendifferenzen in der Organverteilung sind jedoch, im ganzen gesehen, so gering, daß ihnen kein merklicher Einfluß auf den Kurvenverlauf der DLZ- und FED-Mittelwerte in der Gesamtdarstellung (Abbildung 12 und 13) zugesprochen werden kann.

Tabelle 11

Prozentuale Organverteilung der einzelnen Altersklassen

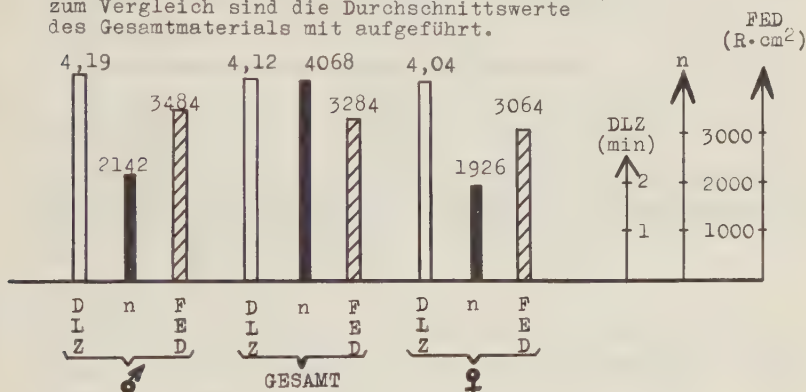
Organ	0 - 9 J.	10 - 19 J.	20 - 29 J.	30 - 39 J.	40 - 49 J.	50 - 59 J.	60 - 69 J.	70 - 79 J.	80 + >80 J.
Lunge	16,7%	21,8%	19,0%	13,0%	16,4%	13,4%	12,7%	16,1%	10,0%
Herz	5,5%	0,0%	1,3%	0,2%	0,6%	0,4%	0,8%	0,3%	0,0%
Lunge + Herz	16,7%	5,7%	10,6%	8,2%	8,8%	9,5%	11,2%	13,7%	10,0%
Med. incl. Oes.	0,0%	24,2%	9,2%	10,1%	7,7%	10,4%	7,8%	10,1%	18,0%
Lu. + Hz. + Med.	0,0%	4,6%	11,0%	8,4%	7,9%	8,2%	8,2%	7,2%	4,0%
Mag. -Duoden.	27,8%	25,3%	31,1%	35,6%	34,0%	37,0%	36,5%	34,0%	36,0%
Kontr. -Einkl.	33,3%	9,2%	7,9%	13,4%	14,3%	11,7%	17,0%	15,5%	18,0%
Galle oral	0,0%	9,2%	9,9%	11,1%	10,3%	9,4%	5,8%	3,1%	4,0%
zusammen (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
" (absolut)	=18	=87	=454	=524	=693	=999	=859	=386	=50

4.8. DLZ UND FED BEI DEN BEIDEN GESCHLECHTERN

Von den 4068 Durchleuchtungen entfielen 2142 (= 52,7 %) auf Männer und 1926 (= 47,3 %) auf Frauen.

Abbildung 14

Mittlere DLZ und FED bei Männern und Frauen; zum Vergleich sind die Durchschnittswerte des Gesamtmaterials mit aufgeführt.



Wie die Abbildung 14 erkennen läßt, unterscheiden sich die beiden Geschlechter in ihrer mittleren DLZ kaum voneinander. Die Differenz beträgt nicht einmal 4 %. Dagegen liegen die Durchschnittswerte bei der FED weiter auseinander; Man findet sie bei den Männern um immerhin 14 % höher als bei den Frauen. Vergleicht man die beiden Mittelwerte mit Hilfe des z-Testes (dieser Test entspricht dem t-Test bei großen Populationen) bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$, so erweist sich dieser Unterschied als statistisch noch nicht signifikant.

Statistische Auswertung

In der Tabelle 12 sind für Männer und Frauen getrennt die DLZ- und FED-Mittelwerte des Gesamtmaterials, in der Tabelle 13 die der Magen-Duodenum-Durchleuchtung einschließlich der Standardabweichung der Einzelwerte (s) und der Standardabweichung der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$) zusammengestellt; s und $s_{\bar{x}}$ wurden nach den auf S. 21 genannten Formeln errechnet.

Tabelle 12

Gesammumaterial		♂	♀
n		2142	1926
$\bar{X}_{DLZ}$		4,19	4,04
$\pm s$		3,63	3,68
$\pm s\bar{x}$		0,08	0,08
Signifikanz	$z=1,29 < z_p=1,96$		
(z)	$\rightarrow H_0 !$		
$\bar{X}_{FED}$	3484	3064	
$\pm s$	8014	6994	
$\pm s\bar{x}$	173,2	159,4	
Signifikanz	$z=1,78 < z_p=1,96$		
(z)	$\rightarrow H_0 !$		

DLZ
====FED
=====

Tabelle 13

Durchleuchtung von Mag. u. Duod.		♂	♀
n		810	613
$\bar{X}_{DLZ}$		6,50	6,52
$\pm s$		3,68	3,83
$\pm s\bar{x}$		0,13	0,16
Signifikanz	$z=0,1 < z_p=1,96$		
(z)	$\rightarrow H_0 !$		
$\bar{X}_{FED}$	4530	3920	
$\pm s$	6802	6040	
$\pm s\bar{x}$	239,0	244,0	
Signifikanz	$z=1,79 < z_p=1,96$		
(z)	$\rightarrow H_0 !$		

Bedeutung der Zeichen (Tabellen 12 u. 13):

- n = Anzahl
X = Mittelwert
s = standard deviation (Standardabweichung der Einzelwerte)
 $s_{\bar{x}}$ = standard error (Standardabweichung der Mittelwerte)
z = Signifikanz
 z_p = Prüfungsgröße (= 1,96 bei einem Signifikanzniveau von 0,05)
 H_0 = die beiden verglichenen Stichproben entstammen derselben Grundgesamtheit, ein statistisch signifikanter Unterschied besteht nicht (Null-Hypothese)
 s_{diff} = Standardabweichung der Mittelwertdifferenzen

a) Problemstellung

Es soll festgestellt werden, ob die bei den beiden Geschlechtern gefundene Differenz bezüglich der DLZ- und FED-Mittelwerte statistisch signifikant ist oder nicht.

b) Test-Wahl

Die Stichproben, die verglichen werden sollen, sind zahlenmäßig sehr umfangreich; als zweckmäßigste statistische Prüfmethode bietet sich deshalb der z-Test an.

c) Signifikanzniveau und Prüfgröße

Der Untersuchung wird ein Signifikanzniveau von 0,05 zugrunde gelegt. Bei Anwendung des z-Testes ergibt sich dafür tabellarisch (MITTEN-ECKER) (13) die Prüfgröße $z_p = 1,96$.

d) Freiheitsgrade

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt $F = n_M + n_F - 2$.

Zwischen z, den Mittelwerten $\bar{x}_M$ und $\bar{x}_F$ und der Standardabweichung der Mittelwertdifferenzen s_{diff} besteht folgende Beziehung:

$$z = \frac{n_M \bar{x}_M - n_F \bar{x}_F}{s_{diff}} ;$$

s_{diff} wird dabei am besten nach der Formel

$$s_{diff} = \sqrt{\frac{s_M^2}{n_M - 1} + \frac{s_F^2}{n_F - 1}} \quad \text{abgeschätzt.}$$

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die beiden zu untersuchenden Stichproben "Männer" und "Frauen" eine der Grundbedingungen des klassischen t-Testes, nämlich die der normalen, stetigen Populationsverteilung, nicht erfüllen, so daß sich ein statistischer Vergleich mittels des z-Testes eigentlich von vorneher ein verbietet. Da die den beiden Stichproben zugrunde liegenden Populationen jedoch hinsichtlich ihrer Größe und ihres Verteilungstyps über die einzelnen Organe einander sehr ähnlich sind (Abbildung 15), wurde dennoch der z-Test eingesetzt, um wenigstens eine grobe Orientierung über die statistische Bedeutung der gefundenen Unterschiede zu ermöglichen. Die Anwendung anderer Testmethoden war wegen der Größe des Gesamtmaterials und des komplexen Verteilungsmusters nicht realisierbar.

Zur Kontrolle der statistisch nicht ganz einwandfreien z-Test-Ergebnisse bezüglich des Gesamtmaterials wurde der gleiche Test auch für eine der einzelnen Organgruppen, d. h. für die Durchleuchtung des Magens und Duodenums herangezogen. Als Einzelstichprobe erfüllt dieses Patientenkollektiv (im Gegensatz zum Gesamtmaterial) weitgehend die Testbedingung der Normalverteilung. Außerdem stellt diese Untersuchung von allen Organgruppen die zahlenmäßig größte dar und weist die niedrigsten Standardabweichungen der Mittelwerte auf, so daß man dem Signifikanzergebnis dieser Stichprobe das nötige Gewicht beimessen dar.

Ergebnis

Sowohl die gesamte Stichprobe als auch die auf Magen und Duodenum hin untersuchte Patientengruppe ergibt z-Werte, die unter der zum 5 %-Signifikanzniveau gehörigen Prüfgröße $z_p = 1,96$ liegen. Damit sind die gefundenen Geschlechtsunterschiede weder im Bereich der Durchleuchtungszeit noch in dem der Flächeneinfallsdosis statistisch zu sichern.

Bei dem geringen DLZ-Unterschied war dies zu erwarten. Die FED weist jedoch zwischen Männern und Frauen eine Mittelwertdifferenz von rund 14 % auf. Wenn dieser immerhin beträchtliche Unterschied bei einer jeweils etwa 2000 Personen starken Population nicht ausreicht, um auf dem 5 %-Niveau eine statistische Signifikanz zu erbringen, so spricht dies einmal mehr für die ausgeprägte Inhomogenität des Untersuchungsmaterials.

Die prozentuale Verteilung über die einzelnen untersuchten Organe zeigt lediglich bei der oralen Cholecystographie, an der die Frauen einen größeren Anteil haben als die Männer, sowie bei den Durchleuchtungen der Lunge und des Magens und Duodenums, bei denen die Männer stärker vertreten sind, merkliche Unterschiede. Bei allen übrigen Organen sind die Differenzen gering (Tabelle 14,

Abbildung 15

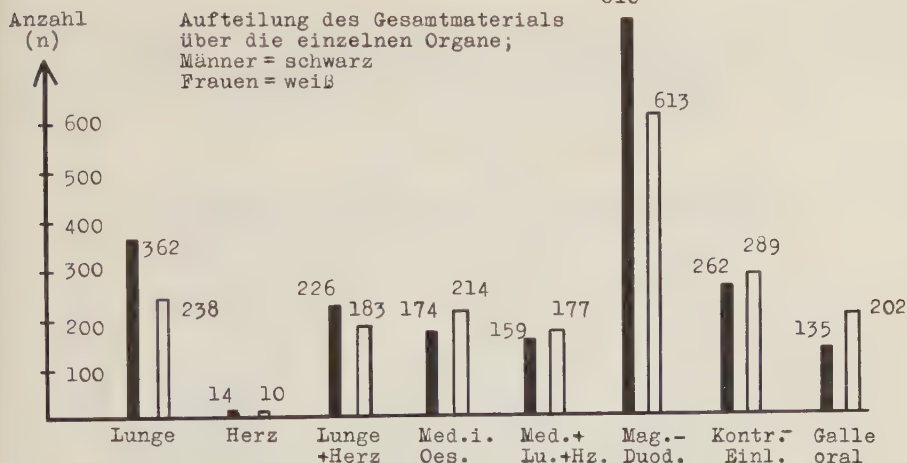


Abbildung 16

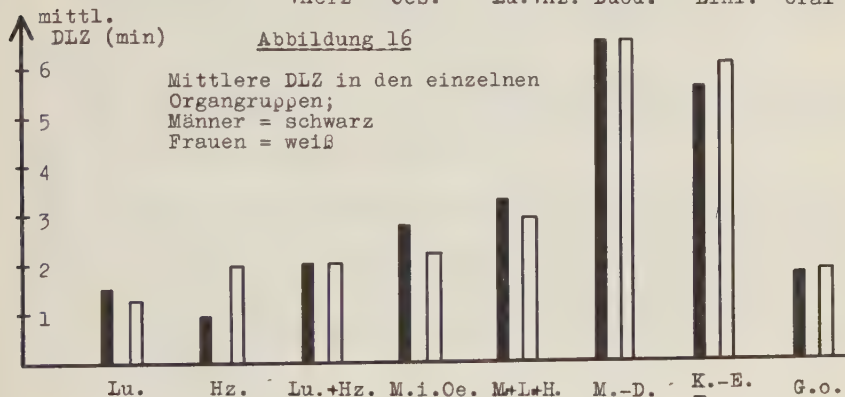


Abbildung 17

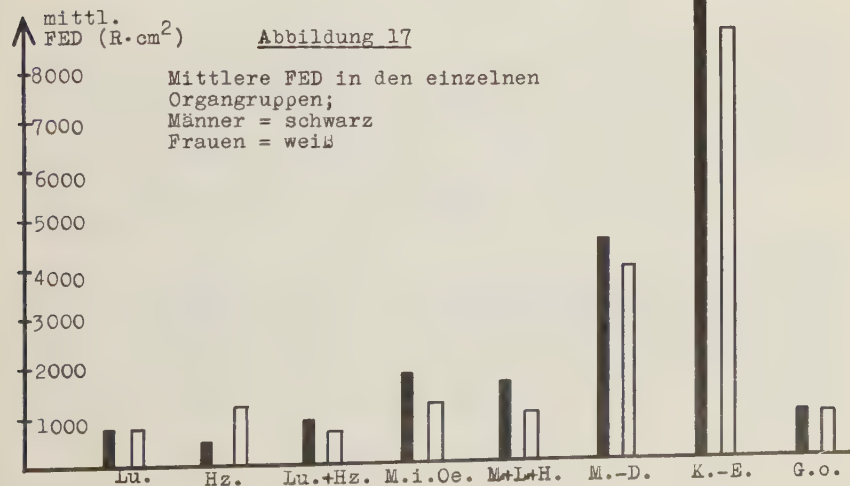


Tabelle 14

Organ	MÄNNER				FRAUEN					
	n		mittl. DLZ.	mittl. FED	mittl. FI	n		mittl. DLZ	mittl. FED	mittl. FI
	absol.	%				absol.	%			
Lunge	362	16,9	1,5	778	525	238	12,4	1,3	723	574
Herz	14	0,6	1,0	442	463	10	0,5	2,0	1225	608
Lunge + Herz	226	10,6	2,0	938	465	183	9,5	2,0	683	334
Med. i. Oes.	174	8,1	2,8	1870	666	214	11,1	2,2	1250	578
L. + H. + Med.	159	7,5	3,3	1680	512	177	9,2	2,9	995	341
Mag. -Duod.	810	37,8	6,5	4530	699	613	31,8	6,5	3920	600
Kont. -E.	262	12,2	5,6	9800	1750	289	15,0	6,1	8800	1455
Galle oral	135	6,3	1,8	1010	568	202	10,5	1,8	968	541
Gesamt	2142	100	4,19	3484	832	1926	100	4,04	3064	756

Abbildung 15). Eine Verfälschung der DLZ- und FED-Mittelwerte in den Gesamt-Stichproben, wie sie durch eine sehr ungleiche Organverteilung der beiden Geschlechter denkbar wäre, kann somit ausgeschlossen werden.

4.9. VERGLEICH GEHFÄHIGER UND BETTLÄGERIGER PATIENTEN HINSICHTLICH IHRER DLZ UND FED

Das Gesamtkollektiv von 4063 Untersuchungen läßt sich in 3543 (= 87 %) gehfähige und 520 (= 13 %) bettlägerige Patienten aufteilen. Die Bettlägerigen weisen mit 4,44 min eine um rund 9 % höhere mittlere DLZ auf als die Gehfähigen mit 4,08 min; sie liegen jedoch bezüglich ihrer durchschnittlichen FED um ca. 3 % niedriger als die gehfähige Gruppe ($3195 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$ gegenüber $3305 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$). Diese Zahlen sind allerdings statistisch kaum verwertbar, da sie über das sehr inhomogene Gesamtmaterial gemittelt wurden.

Viel aufschlußreicher sind hier die innerhalb der einzelnen Organgruppen gewonnenen Ergebnisse, da in diesen Einzelstichproben eher mit einer hinreichenden Normalverteilung gerechnet werden kann.

In den Abbildungen 18 - 20 werden die Ergebnisse innerhalb der verschiedenen Organgruppen dargestellt. Die Tabellen 15 und 16 bringen die zugehörigen Zahlenwerte; darüberhinaus wird in ihnen auch die mittels des z-Testes errechnete Signifikanz der gefundenen Mittelwertdifferenzen bei den gehfähigen und bettlägerigen Patienten mit aufgeführt (der Gang der Ausrechnung entspricht dem auf S. 42 - 43 geschilderten).

Ergebnis

Schlüsselt man nach Organen auf, so findet man Gehfähige und Bettlägerige bei den meisten Organuntersuchungen prozentual gleich verteilt. Lediglich an der Untersuchung der Lunge haben die gehfähigen Patienten einen erheblich niedrigeren prozentualen Anteil als die bettlägerigen (12 % gegenüber 31 %), während sie bei der oralen Cholecystographie und bei der Untersuchung des Mediastinums incl. Oesophagus stärker vertreten sind.

Die DLZ findet sich in allen Organgruppen bei den liegenden Patienten länger als bei den gehfähigen (Tabelle 15). In der Gruppe der Herz-Lungen-Durchleuchtung, der Untersuchung von Lunge, Herz und Mediastinum sowie der des Magens und Duodenums sind die Unterschiede statistisch signifikant ($z > z_p = 1,96$, bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$). Bei allen anderen Organuntersu-

Abbildung 18

Aufteilung des Gesamtmater= ials über die einzelnen untersuchten Organe:
Gehfähige = schwarz
Bettlägerige = weiß;
die schraffierten Säulen geben die prozentuale Auf= schlüsselung nach Organen jeweils innerhalb der geh= fähigen bzw. bettlägerigen Patientengruppe wieder.



Abbildung 19

DLZ (min)

Mittlere DLZ in den einzelnen Organgruppen
Gehfähige = schwarz
Bettlägerige = weiß

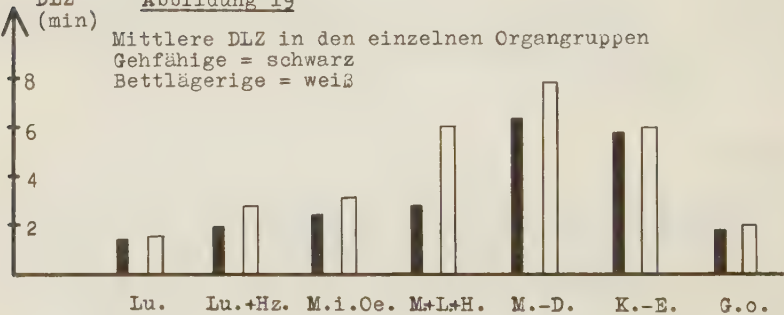


Abbildung 20

FED (R.cm²)

Mittlere FED in den einzelnen Organgruppen;
Gehfähige = schwarz
Bettlägerige = weiß

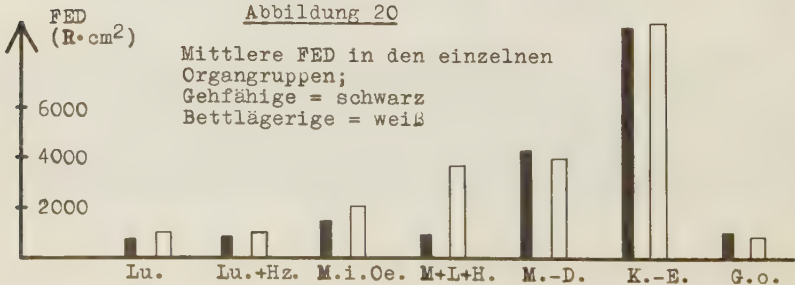


Tabelle 15

Organ	GEHFÄHIGE		BETTLÄGERIGE		Signifikanz + (z)
	n	mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$	n	mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$	
Lunge	437	1,4 0,07	159	1,4 0,15	z = 0 < z _p
Lunge + Herz	358	1,9 0,10	51	2,7 0,26	z = 2,82 > z _p
Med. i. Oes.	364	2,4 0,13	24	3,0 0,45	z = 1,28 < z _p
L. + H. + Med.	294	2,8 0,15	42	4,9 0,47	z = 4,24 > z _p
Mag. -Duod.	1265	6,3 0,10	158	7,8 0,36	z = 3,85 > z _p
Kontr. -E.	486	5,8 0,15	65	6,0 0,64	z = 0,31 < z _p
Galle oral	320	1,8 0,07	16	2,1 0,57	z = 0,85 < z _p
Gesamt	3543	4,08 0,06	520	4,44 0,06	z = 1,78 < z _p

+ Prüfgröße z_p = 1,96, bei α = 0,05

Tabelle 16

Organ	n	GEHÄRIGE		n	BETTLÄGERIGE		Signifikanz + (z)
		mittl. FED	$\pm \sqrt{s^2/n}$		mittl. FED	$\pm \sqrt{s^2/n}$	
Lunge	437	689	86,2	159	939	64,6	$z = 2,23 > z_p$
Lunge + Herz	358	800	130,5	51	942	123,0	$z = 0,64 < z_p$
Med. i. Oes.	364	1500	111,6	24	1985	462,5	$z = 1,02 < z_p$
L. + H. + Med.	294	970	64,9	42	3690	2145,0	$z = 1,01 < z_p$
Mag. -Duod.	1265	4300	222,6	158	3980	264,0	$z = 0,98 < z_p$
Kont. -E.	486	9280	679,7	65	9410	1726,0	$z = 0,00 < z_p$
Galle oral	320	989	69,7	16	905	135,5	$z = 0,03 < z_p$
Gesamt	3543	3303	128,1	520	3195	310,4	$z = 0,30 < z_p$

+ Prüfgröße $z_p = 1,96$, bei $\alpha = 0,05$

chungen lassen sich die gefundenen Differenzen statistisch nicht sichern.

Hinsichtlich der FED sind die Unterschiede zwischen dem gehfähigen und dem bettlägerigen Patientenkollektiv noch geringer (Tabelle 16): Allein bei der Lungen-Durchleuchtung ist die mittlere Strahlendosis bei den Bettlägerigen statistisch signifikant größer als bei den Gehfähigen; bei allen anderen untersuchten Organklassen liegen die Unterschiede erheblich unter den für eine statistische Signifikanz zu fordernden Zahlen, zudem sind sie nicht einmal immer gleichsinnig.

4.10. VERGLEICH DER PATIENTEN MIT UND OHNE ERHOBENEM PATHOLOGISCHEN BEFUND HINSICHTLICH IHRER DLZ UND FED

Von den 4067 registrierten Durchleuchtungen konnte bei 1969 (= 48 %) ein pathologischer Befund erhoben werden; bei den restlichen 2098 (= 52 %) war dies nicht möglich.

Vergleicht man die beiden etwa gleich starken Patientengruppen bezüglich ihrer mittleren DLZ und FED, so stößt man auf deutliche Unterschiede:

Die DLZ ist in dem Patientenkollektiv mit erhobenem krankhaften Befund bei allen Organuntersuchungen (mit Ausnahme der oralen Cholecystographie) länger als in der anderen Gruppe (Tabelle 17 und Abbildung 22).

Bei der Lungendurchleuchtung, der Untersuchung von Lunge und Herz sowie bei den Durchleuchtungen von Lunge, Herz und Mediastinum und vom Magen und Duodenum erweisen sich die Zeitdifferenzen sogar als statistisch signifikant (z-Test; Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$).

Auch bei der FED (Tabelle 18 und Abbildung 23) ergeben sich in der Stichprobe mit erhobenem pathologischen Befund bei allen Organen höhere Dosiswerte als bei den Patienten ohne krankhaften Befund, doch liegen die Unterschiede fast sämtlich knapp unter der statistischen Signifikanz. Nur bei der Durchleuchtung des Mediastinums incl. Oesophagus ist die Differenz auch statistisch zu sichern. In Anbetracht der starken Inhomogenität des Datenmaterials sollte man jedoch die mittels des z-Testes gewonnene Aussage "nicht signifikant" als Vergleichskriterium der beiden Kollektive nicht überbewerten. Sicherlich darf man der gleichsinnigen Relation der mittleren DLZ- und FED-Werte in allen Organgruppen bei der Bewertung der Ergebnisse in den beiden Patientenkollektiven die gleiche Bedeutung beimessen wie der statistischen Signifikanz. Die bei den Pa-

Tabelle 17⁺

Organ	n	patholog. Befund erhoben	n	kein patholog. Befund erhoben	Signifikanz (z)
		mittl. $\pm \sqrt{s^2/n}$ DLZ		mittl. $\pm \sqrt{s^2/n}$ DLZ	
Lunge	248	1,6 0,10	352	1,2 0,06	$z = 3,51 > z_p$
Lunge + Herz	214	2,4 0,16	195	1,7 0,10	$z = 3,64 > z_p$
Med. incl. Oes.	247	2,6 0,16	141	2,2 0,19	$z = 1,61 < z_p$
Lu. + Hz. + Med.	222	3,5 0,20	114	2,2 0,20	$z = 4,68 > z_p$
Mag. -Duoden.	698	6,9 0,15	725	6,1 0,13	$z = 4,03 > z_p$
Kont. -Einkl.	218	6,1 0,25	333	5,7 0,18	$z = 1,29 < z_p$
Galle oral	105	1,7 0,12	231	1,8 0,86	$z = 0,68 < z_p$
Gesamt	1969	4,41 0,09	2098	3,86 0,08	$z = 1,51 < z_p$

⁺ Die Untersuchung des Herzens, die nur 24 Fälle umfaßt, wurde nicht mit aufgeführt.
Die Prüfgröße z_p beträgt 1,96, bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$.

Tabelle 18 +

Organ	patholog. Befund erhoben		kein patholog. Befund erhoben		Signifikanz (z)
	n	mittl. $\pm \sqrt{s^2/n}$ FED	n	mittl. $\pm \sqrt{s^2/n}$ FED	
Lunge	248	921 142,7	352	641 46,7	$z = 1,85 < z_p$
Lunge + Herz	214	996 287,7	195	626 105,8	$z = 1,20 < z_p$
Med.incl. Oes.	247	1760 157,2	141	1140 109,6	$z = 3,23 > z_p$
Lu. + Hz. + Med.	222	1592 412,1	114	799 116,6	$z = 1,85 < z_p$
Mag. -Duoden.	698	4580 266,9	725	3980 218,8	$z = 1,74 < z_p$
Kontr. -Einl.	218	10940 1266,0	333	8195 649,5	$z = 1,93 < z_p$
Galle oral	105	1170 282,5	231	947 82,5	$z = 1,59 < z_p$
Gesamt	1969	3518 192,6	2098	3069 141,6	$z = 1,88 < z_p$

+ Die Untersuchung des Herzens, die nur 24 Fälle umfaßt, wurde nicht mit aufgeführt.
Die Prüfgröße z_p beträgt 1,96, bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$.

Abbildung 21

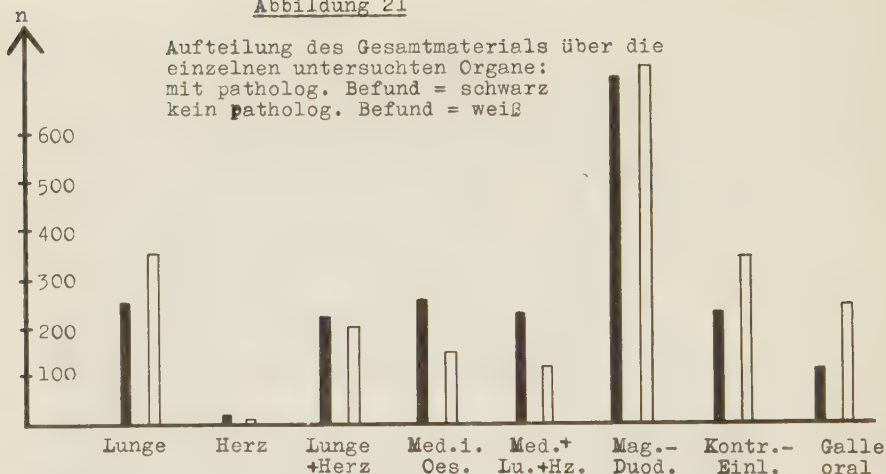


Abbildung 22

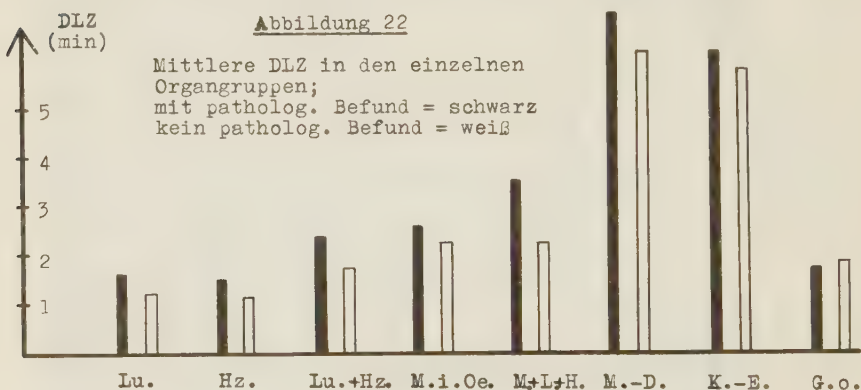
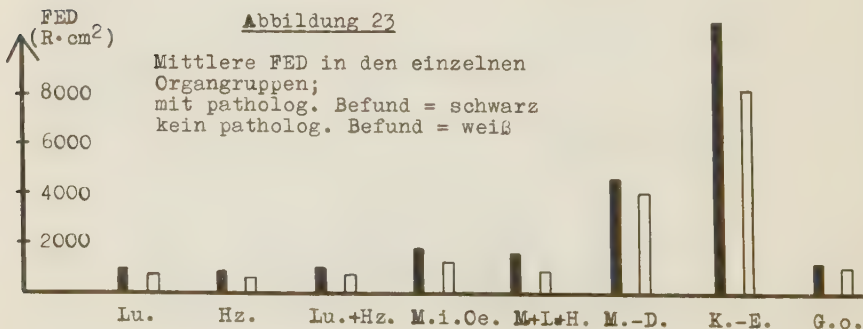


Abbildung 23



tienten mit krankhaftem Befund etwa um 14 % längere DLZ und um ca. 11 % höhere FED als bei den Patienten ohne Befund lassen jedenfalls bei einem über 4000 Untersuchungen umfassenden Gesamtmaterial keine Zweifel daran aufkommen, daß das Auffinden eines pathologischen Befundes im Durchschnitt zu einer Verlängerung der DLZ und einer Erhöhung der FED führt.

4.11. BEEINFLUSSUNG DER DLZ UND FED DURCH DIE ANZAHL DER VORAUSGEANGENEN RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AUS GLEICHER FRAGESTELLUNG

Nicht selten gehen den Durchleuchtungen bereits eine oder mehrere Röntgenuntersuchungen aus gleicher Fragestellung voraus. Es ist nun zu prüfen, ob sich solche Nach- oder Wiederholungsuntersuchungen hinsichtlich ihrer mittleren DLZ und FED anders verhalten als Erstdurchleuchtungen und ob die DLZ und FED mit der Zunahme der vorausgehenden Untersuchungszahl eventuell eine Tendenz im Sinne eines stetigen Abfalls oder Anstiegs der Durchschnittswerte erkennen lassen.

In der Tabelle 19 und den Abbildung 24 - 26 sind die einzelnen nach der Häufigkeit der Voruntersuchungen geordneten Patientengruppen mit den zugehörigen DLZ- und FED-Mittelwerten zusammengestellt.

Ergebnis

Bei 74 % der 4070 untersuchten Patienten handelte es sich um Erstdurchleuchtungen. 14 % waren bereits einer weiteren Untersuchung aus gleicher Fragestellung unterzogen worden. Die Zahl der Patienten mit drei und mehr Voruntersuchungen war mit 6,5 % sehr niedrig.

Die mittlere DLZ beläuft sich bei den Erstuntersuchungen auf 4,18 min. Bei den Patienten mit nur einer vorausgegangenen Röntgenuntersuchung liegt sie mit 4,59 min rund 10 % darüber, um dann bei denen mit zwei Voruntersuchungen wieder auf 4,07 min abzufallen.

Die Stichproben mit drei und mehr vorausgehenden Durchleuchtungen weisen erheblich kürzere Expositionszeiten auf; sie liegen um 30 - 60 % niedriger als die Werte der Erstuntersuchungen.

Die FED verhält sich ganz ähnlich: ihr Durchschnittswert beträgt bei den Erst-

Tabelle 19

Anzahl d. vorausg. Rö.-Ümers. aus gleicher Fragestel.	n		mittl. DLZ $\pm \sqrt{s^2/n}$ (min)	mittl. FED $\pm \sqrt{s^2/n}$ (R·cm ²)	mittl. FI (R·cm ² /min)	
	absol.	%				
0	3016	74,1	4,18	3170	120,2	757
1	606	14,9	4,59	4557	477,3	994
2	181	4,5	4,07	3292	439,3	810
3	90	2,2	2,91	1638	596,9	564
4	65	1,6	2,22	1868	809,4	844
5	32	0,8	2,38	1570	523,7	657
6	20	0,5	1,98	772	363,4	390
7	13	0,3	1,57	679	160,9	432
8	10	0,2	1,69	827	273,0	488
9 + > 9	35	0,9	2,22	1086	300,3	490
Gesamt	4070	100,0	4,12	3284	118,3	797

Abbildung 24

Aufteilung des Gesamtmaterials nach der Zahl der vorausgegangenen Röntgenuntersuchungen aus gleicher Fragestellung

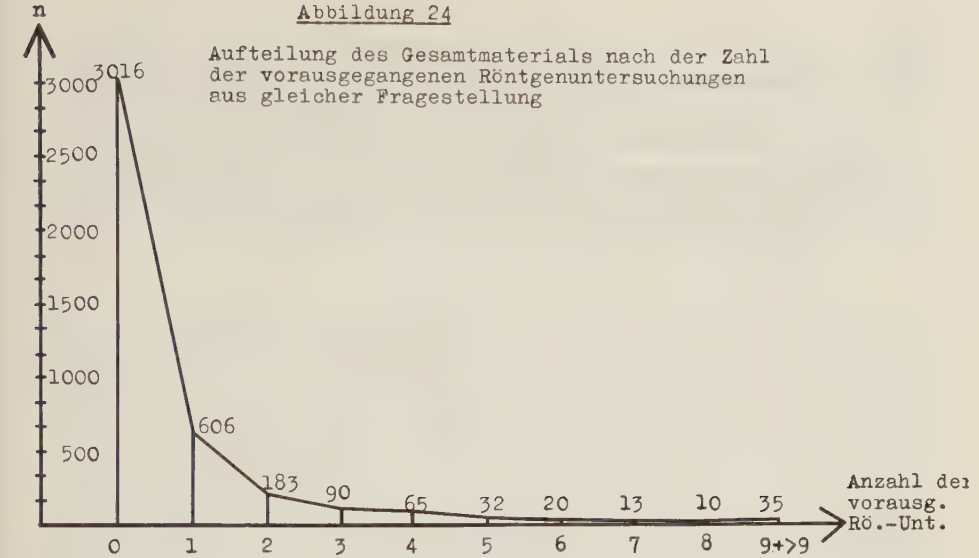


Abbildung 25

mittlere DLZ bei den einzelnen nach der Zahl der vorausgeg. Rö.-Unters. geordneten Patienten=gruppen

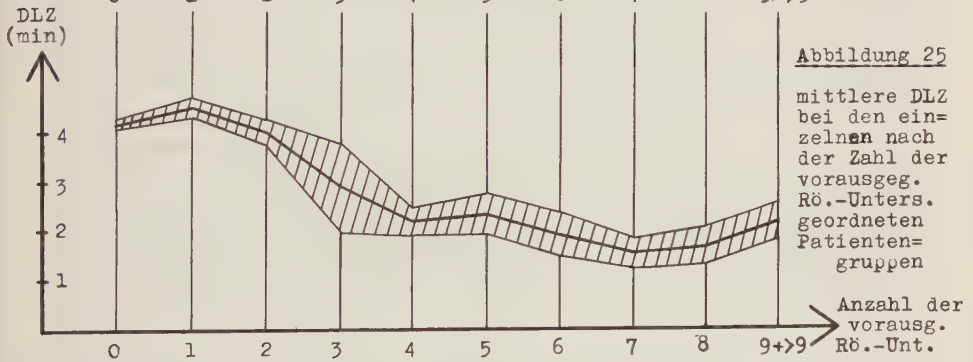
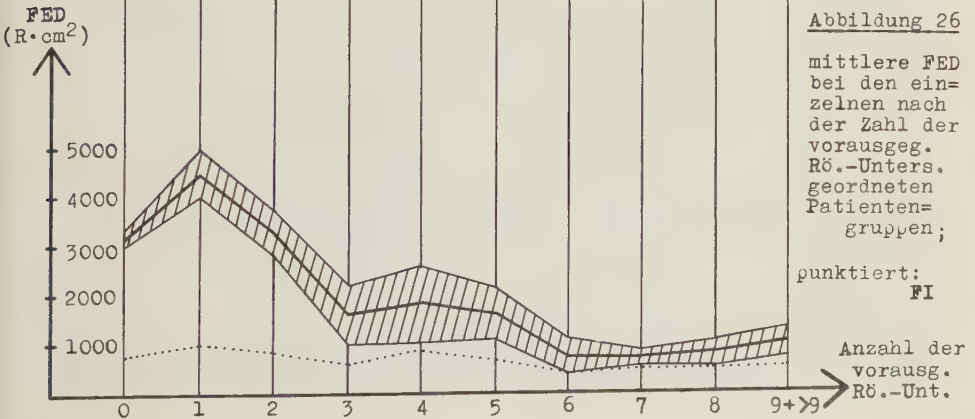


Abbildung 26

mittlere FED bei den einzelnen nach der Zahl der vorausgeg. Rö.-Unters. geordneten Patienten=gruppen;

punktiert: FI

Anzahl der vorausg. Rö.-Unt.



durchleuchtungen $3170 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$, bei den Zweit- und Drittuntersuchungen mit $4557 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$ 45 % bzw. mit $3292 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$ rund 4 % mehr. Die FED-Mittelwerte der Patientengruppen mit drei und mehr Voruntersuchungen erreichen dann jedoch nur 20 - 60 % der Einfallsdosis der Erstuntersuchungen. Wie die zugehörigen, weniger stark absinkenden Mittelwerte des FI erkennen lassen, ist dieser ausgeprägte Dosisabfall bei den Patienten mit mehreren Voruntersuchungen zu einem erheblichen Teil durch die Verkürzung der DLZ bedingt.

5. DISKUSSION DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT DENEN DER EINGANGS ZITIERTEN AUTOREN

Bei der Untersuchung der Patientenmerkmale hat sich die gesonderte Betrachtung der konstitutionellen Kennzeichen einerseits und der nichtkonstitutionellen andererseits als zweckmäßig erwiesen. Die ersteren korrelieren eng miteinander, da sie sämtlich eine ausgeprägte Beziehung zur jeweiligen somatischen Wachstumsstufe aufweisen, während die letzteren von der Konstitution weitgehend unabhängig und eher mit der Art und Schwere des Krankheitsbildes des Patienten in Zusammenhang zu bringen sind.

Bei Betrachtung der konstitutionellen Faktoren gilt das Interesse vorwiegend der FED und dem FI: Mit der Variation der somatischen Größen wird man eine Änderung des Absorptionskoeffizienten und der Einblendung und damit auch eine solche der FED und des FI theoretisch erwarten. Hier sollen die Untersuchungen vor allem quantitativen Aufschluß über die Grenzen geben, zwischen denen sich die merkmalsabhängigen Schwankungen der Dosis bewegen.

Demgegenüber richtet sich das Augenmerk bei der Prüfung der nichtkonstitutionellen Merkmale, wo es zum Beispiel darum geht, die Strahlenbelastung bettlägeriger und gehfähiger Patienten zu vergleichen, mehr auf die DLZ, deren Größe bei manchen Merkmalen für die verabreichte Dosis überwiegende Bedeutung hat.

Hinsichtlich der Patienten-Größe findet sich in den eigenen Untersuchungen in dem statistisch aussagestarken Bereich von 150 - 189 cm Größe eine Zunahme der FED um 20 - 25 %, bei unauffälligen Schwankungen der DLZ in den einzelnen Größenklassen. Leider wurden Kinder im Stichprobenmaterial kaum berücksichtigt; die Zahl der weniger als 150 cm messenden Patienten ist mit nur 1,7 % des Gesamtkollektivs sehr gering. Dennoch lassen diese wenigen Daten mit ihren im Mittel erheblich niedriger liegenden Werten der FED, des FI und der DLZ deutlich anklingen, welch starken Einfluß die Körpermaße gerade in der Zeit des größten somatischen Wachstums auf die Strahlendosis bei der Durchleuchtung ausüben.

Die Größe des maximalen Sagittaldurchmessers der untersuchten Patienten läßt erst bei den Durchmessern oberhalb von 26 cm einen Einfluß auf die FED erken-

nen. Die Dosismittelwerte liegen hier in manchen Stichproben bis zu rund 80 %, jenseits von 32 cm sogar bis zu 400 % höher als bei den Durchmessern unter 26 cm.

Ganz ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei der Aufschlüsselung nach dem Patienten-Gewicht: In dem ca. 75 % aller Fälle umfassenden Bereich von 40 - 79 kg Gewicht ändert sich die mittlere FED nicht spürbar; erst in den Gewichtsklassen oberhalb von 80 kg steigt sie auf Werte an, die 15 - 20 % über dem Gesamtmittel liegen.

Die Patientenmerkmale "maximaler a. p. -Durchmesser" und "Gewicht" unterscheiden sich damit in ihrem Einfluß auf die Strahlendosis wesentlich von der Patienten-"Größe": Während bei dem letzteren Merkmal ein stetiger, gleichmäßiger Dosisanstieg über die gesamte Größenskala zu verzeichnen ist, lassen Sagittaldurchmesser und Patientengewicht innerhalb eines 2/3 bis 3/4 des Gesamtmaterials umfassenden Merkmalsbereiches keinen Einfluß erkennen. Daß aber eine gewisse Abhängigkeit der Dosisleistung von diesen Körpermerkmalen dennoch besteht, muß man aus dem immerhin erheblichen Anstieg der FED (und des FI) in den Stichproben mit extrem breiten und extrem schweren Patienten schließen.

Damit gewinnen die eigenen Ergebnisse Anschluß an die Untersuchungen von ZIELER (1961) (25) und CLARKE et al. (4), die eine Bestimmung des Thoraxdurchmessers zur Abschätzung der Strahlenexposition als unzureichend ablehnen, da sie in größeren Untersuchungsreihen hier keine Zusammenhänge finden konnten.

Andererseits stehen die eigenen Zahlen nicht im Widerspruch zu den erwähnten Ergebnissen NEUMANN'S (14) und FRIKS (7), die beide, unabhängig voneinander, eine erhöhte Strahlenbelastung "dicker" Patienten gegenüber "dünnen" fanden, und zwar mit einer statistisch sicherbaren Differenz. Bei den beiden Autoren bleibt nämlich offen, in welchem Ausmaß sie ihre ohne Maßzahlen willkürlich definierten Kategorien "dick" und "dünn" nur extremen Vertretern der pyknischen bzw. asthenischen Konstitution vorbehalten haben.

Bei den von FRIK veröffentlichten Zahlen muß man außerdem in Rechnung stellen, daß es ihm bei den erwähnten Untersuchungen über die Strahlenbelastung in erster Linie auf den Vergleich verschiedener Verstärkersysteme (konventionelle und Bildverstärkerdurchleuchtung sowie Vidikon-Fernseh-Durchleuchtung) ankam und die von ihm gefundenen Unterschiede in der Strahlenexposition dicker und dünner Patienten deshalb eng mit den durch die verschiedenen Verstärkersysteme bedingten Differenzen verwoben sind, wodurch eine isolierte Beurteilung der Merkmalseinflüsse natürlich sehr schwer wird.

Die DLZ läßt in den eigenen Untersuchungen keine Abhängigkeit von der Patienten-Größe und vom maximalen Sagittaldurchmesser erkennen. Dies war nicht anders zu erwarten. Dagegen findet sich eine stetige Verkürzung der DLZ mit Zunahme des Patienten-Gewichtes; Der DLZ-Mittelwert liegt in der über 90 kg schweren Patientenklasse um 27 % niedriger als der Durchschnittswert der Stichproben mit 40 - 49 kg Gewicht. Dieser Sachverhalt ist zunächst unverständlich. Analysiert man jedoch die einzelnen Gewichtsklassen hinsichtlich ihrer Organverteilung, so bietet sich eine Erklärung an: Die Patienten teilen sich nämlich in den verschiedenen Gewichtgruppen keineswegs gleichmäßig über die untersuchten Organe auf. Vielmehr bestehen zum Teil merkbliche Gruppendifferenzen, die sich nur durch eine bevorzugte Verknüpfung bestimmter Krankheitsbilder (und der entsprechenden Organuntersuchungen) mit bestimmten Gewichtgruppen erklären lassen, sei es in Form von Krankheitssymptomen, die primär an die Konstitution gebunden sind, - man denke etwa an die vielfach herausgestellte Disposition des leptosomen Typs zu Magenenerkrankungen -, oder sei es sekundär zum Beispiel in Form des Untergewichtes bei kachektischen Carcinom-Patienten.

So sind in dem eigenen Material die bezüglich der FED und DLZ aufwendigen Organuntersuchungen wie die Durchleuchtung des Magens und Duodenums und des Kontrasteinlaufs unter den leichtgewichtigen Patientengruppen stärker vertreten als bei den schweren Patienten, während bei den letzteren die mit einer geringen FED und kurzen DLZ behafteten Organdurchleuchtungen (Lungen- sowie Herz-Lungen-Untersuchung) kumulieren. Aus diesen Verteilungsunregelmäßigkeiten resultiert ein Absinken der mittleren DLZ mit steigendem Patienten-Gewicht, was die fallende Tendenz der DLZ in der Gesamtdarstellung (Abbildung 9) bis zu einem gewissen Grade zu erklären vermag, wenn auch die Organverteilung sicher nicht allein für dieses Verhalten verantwortlich zu machen ist.

Sehr ausgeprägt ist die Beziehung, die die eigenen Untersuchungen zwischen dem Patienten-Alter und der DLZ und FED aufdecken. Bis etwa zum fünften Lebensjahrzehnt steigen die mittlere DLZ und FED erheblich an: Von den 10- bis 19-jährigen Patienten nehmen die DLZ um 50 %, die FED und der FI sogar um 140 % bzw. 80 % zu (letzteres ist vor allem als Ausdruck einer mit zunehmendem Alter verringerten Einblendung zu werten). Etwa um das fünfte Lebensjahrzehnt geht dieser Anstieg jedoch plötzlich zurück: Während die DLZ im Verlauf der folgenden vier Lebensdekaden noch um rund 38 % zunimmt, kommt die FED mit einer Größenzunahme von insgesamt nur 11 % praktisch zum Stehen. Der FI fällt sogar wieder ein wenig ab.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen der Untersuchungen, die NEUMANN (1962) (14) über die Strahlenbelastung bei der Durchleuchtung in verschiedenen

Altersgruppen angestellt hat, so erweisen sie sich als in ihrer Tendenz sehr ähnlich; dennoch müssen sie zum Teil eine andere Deutung erfahren:

NEUMANN stellte nur zwei Alterskollektive einander gegenüber, eines von 15 - 45 Jahren einem solchen von 45 Jahren und darüber. Zwischen beiden konnte er in den Durchschnittswerten der DLZ und FED einen Unterschied statistisch sichern, wobei der maßgebliche Anteil der Stichprobendifferenz auf die DLZ entfiel.

NEUMANN führte die in der höheren Altersgruppe gefundene längere DLZ und größere FED auf die mit dem Alter zunehmende Bewegungsschwerfälligkeit und die häufigeren Nebenfunde dieser Gruppe zurück. Diese Interpretation hat weitgehend auch für die eigenen Ergebnisse Gültigkeit, zumal auch Untersuchungen von BEEKMAN und KRUIZINGA (2) ähnlich zu deutende Beziehungen zwischen Alter und Durchleuchtungszeit erkennen lassen.

Die detaillierte Aufschlüsselung des Alters weist darüberhinaus jedoch auf einen weiteren, die DLZ und FED entscheidend mitbestimmenden Einfluß hin:

Gemeint ist das Wissen des untersuchenden Arztes um die genetische Gefährdung des durchleuchteten Patienten. Je jünger der Patient ist, desto größer ist diese Gefährdung; sie hört auf, wenn er das fortpflanzungsfähige Alter überschritten hat.

Wie auf den Seiten 36 und 37 bereits ausführlich geschildert, zeigen die eigenen Untersuchungen umso niedriger liegende FED- und FI-Werte, je weiter die Patienten von der etwa um das fünfte Lebensjahrzehnt anzunehmenden Gefährdungsgrenze entfernt und je näher sie dem jugendlichen Alter sind. Erreichen die Patienten dieses Grenzalter, so ergeben FED und FI maximale Werte, die dann mit weiter zunehmendem Alter stagnieren.

Dieses Verhalten der FED- und FI-Mittelwerte in den einzelnen Altersklassen ist so charakteristisch, daß man dafür die ärztlichen Skrupel vor einer genetischen Schädigung des Patienten verantwortlich machen möchte. Wird doch von dem untersuchenden Arzt gefordert, daß er alle Mittel der Dosiseinsparung umso strenger berücksichtigt, je jünger der Patient ist. Hierzu gehört vor allem eine sorgfältige Einblendung. Tatsächlich erweist sich diese in dem eigenen Untersuchungsmaterial bei den jüngeren Patienten auch als sehr viel stärker als bei den älteren, wie es die Durchschnittswerte des FI in den verschiedenen Altersklassen deutlich erkennen lassen.

Die Aufgliederung des Untersuchungsmaterials nach dem Geschlecht ergibt, daß Männer und Frauen annähernd gleich stark vertreten sind und auch in ihrem

Verteilungsmuster über die einzelnen Organuntersuchungen nicht wesentlich voneinander abweichen. Die Männer weisen mit 4,19 min eine nur gering (knapp 4 %) längere mittlere DLZ auf als die Frauen (4,04 min); diesem Unterschied, der größenordnungsmäßig noch innerhalb der $\pm 2s$ -Grenzen liegt, kommt, statistisch gesehen, keine Bedeutung zu.

Die durchschnittliche FED findet sich bei den Männern mit $3484 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$ dagegen um rund 14 % höher als bei den Frauen ($3064 \text{ R} \cdot \text{cm}^2$). Doch bei der starken Inhomogenität des Prüfkollektivs reicht auch diese Differenz noch nicht aus, um eine statistische Signifikanz zu erbringen.

Damit vermögen die eigenen Ergebnisse die Untersuchungen NEUMANNs nicht zu bestätigen, die bei Männern eine statistisch hochgesichert größere FED als bei den Frauen hervorkehrten, was allerdings weitgehend durch eine verlängerte DLZ bei nur geringen Unterschieden in der Dosisleistung bedingt war, so daß NEUMANN die Ursache in der größeren Anstelligkeit der Frauen gegenüber Männern vermuten mußte.

Die eigenen Zahlen, die zwischen den beiden Geschlechtern gerade bei der DLZ eine noch geringere Differenz angeben als bei der FED, widersprechen dieser Vermutung ebenso wie Untersuchungen von PAPE und ZAKOVSKY (1961) (15), die auch keine Beziehung zwischen Geschlecht und DLZ erkennen lassen. Sehr ausgeprägt können die DLZ-Unterschiede bei den Geschlechtern also nicht sein. Keineswegs aber lassen sich solche an Hand des eigenen Untersuchungsmaterials ausschließen.

NEUMANN sammelte sein Material in einem Gesundheitsamt. Dabei berücksichtigte er nur die Durchleuchtungen der Thoraxorgane. Seine Daten unterliegen also in mancher Hinsicht bereits einer Selektion und stellen bezüglich der diagnostischen Fragestellung, der Organuntersuchungen und auch wohl der Untersuchungstechnik ein viel homogeneres Material dar als das eigene, von zahlreichen Röntgeninstituten stammende Untersuchungsgut. Dieser Umstand mag die unterschiedlichen Resultate beider Untersuchungsreihen bis zu einem gewissen Grade erklären.

Vergleicht man gehfähige und bettlägerige Patienten, die im Untersuchungskollektiv etwa in dem Verhältnis 7 : 1 vertreten sind, so stößt man auf eine bei den Bettlägerigen im Mittel um ca. 9 % längere DLZ als bei den Gehfähigen (4,44 min gegenüber 4,08 min) während die Differenz der durchschnittlichen FED-Werte sehr gering ist und noch innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

Die isolierte Untersuchung der einzelnen Organgruppen liefert bei mehreren Organen hinsichtlich der DLZ statistisch signifikante Unterschiede zwischen

den beiden Patientengruppen (z-Test, Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$). Dagegen läßt sich nur in einem Fall, nämlich bei der Durchleuchtung der Lunge, auch eine bei den Bettlägerigen höhere FED statistisch sichern.

Damit wird eine Tendenz der unbeweglicheren, bettlägerigen Patienten in Richtung auf eine größere Strahlenbelastung aufgezeigt. Die Mehrbelastung gegenüber den Gehfähigen erreicht allerdings nur bei einigen Organuntersuchungen (Lunge: 36 %, Mediastinum incl. Oesophagus: 33 %) die von ARNAL und PYCHLAU (1961) (1) gefundenen, rund 30 % höheren Expositionswerte der ans Bett gebundenen Patienten.

Aufschlußreich ist auch die Gegenüberstellung der Patienten mit und ohne erhobenem pathologischen Befund des Röntgenologen. Zwischen den Mittelwerten der DLZ und FED lassen sich in den beiden etwa gleich großen Patientenkollektiven merkbliche Unterschiede nachweisen:

Die Patienten mit röntgenologisch erhobenem krankhaften Befund ergeben eine um 14 % längere DLZ und um 11 % höhere FED als die Patienten ohne pathologischen Befund. Dies leuchtet ohne weiteres ein, da man zur Abklärung eines entdeckten krankhaften Befundes eine längere Zeit ansetzen muß, als sie zur Feststellung normaler Verhältnisse nötig ist.

Obwohl die eigenen Untersuchungen deutlich größere Zeit- und Dosis-Unterschiede an den Tag bringen, als sie SCHOEN und GRIESSER (1963) (21) in ihrem Stichprobenmaterial nachweisen konnten, liegen auch hier die Differenzen noch an der Grenze der statistischen Signifikanz und lassen sich nicht in allen Organgruppen statistisch sichern. Insgesamt geht aus den eigenen Untersuchungen klar hervor, daß man, wird ein pathologischer Befund erhoben, im Durchschnitt mit einer Verlängerung der DLZ und einer entsprechend größeren vom Patienten absorbierten Strahlendosis rechnen muß.

Die letzte Untersuchung galt der Frage, welchen Einfluß die DLZ und FED durch die Anzahl der vorausgegangenen Durchleuchtungen aus gleicher Fragestellung erfahren. Hier stimmen die eigenen Ergebnisse recht gut mit den Verhältnissen überein, die SCHOEN und GRIESSER in dem von ihnen geprüften Kollektiv antraten. Die beiden Autoren fanden bei den ersten beiden Kontrolluntersuchungen etwa die gleiche Dosis vor wie bei der Erstdurchleuchtung. Von der dritten Kontrolluntersuchung an ergab die FED dann um 40 - 70 % niedrigere Mittelwerte.

Die eigene Aufschlüsselung läßt bei den ersten beiden Kontrolluntersuchungen sogar noch geringfügig längere DLZ- und höhere FED-Werte erkennen als bei der Erstdurchleuchtung. Außerdem ist die Herabsetzung der Strahlenexposition von der dritten Kontrolldurchleuchtung an bei der FED mit einer Dosiserniedrigung

um 40 - 80 % noch ausgeprägter. Die DLZ zeigt dabei eine Verkürzung um 30 - 60 %. Damit bedingt die DLZ-Verkürzung wesentlich die Dosiseinsparung, die die Untersuchungen mit wachsender Zahl der vorausgehenden Röntgenuntersuchungen offenbaren.

Diese Beobachtung stützt die eingangs geäußerte Vermutung, daß die den ersten Durchleuchtungen zur "Befunderhebung" folgenden Untersuchungen zur "Befundverifizierung" oder "-kontrollierung" mit einem geringeren Zeit- und Dosis-Aufwand verknüpft sind, da der pathologische Prozeß dann in der Regel bereits lokalisiert ist und eine Deutung erfahren hat.

Abschließend soll noch einmal herausgestellt werden, daß die durch Variation der untersuchten Patientenmerkmale bedingten Änderungen der DLZ und FED zu einem beträchtlichen Teil geringer sind als die Einflüsse, denen diese bei den wichtigsten Kriterien der Strahlenbelastung durch verschiedene Untersuchungstechniken einzelner Schulen und Institute, durch eine unterschiedliche Routine der untersuchenden Ärzte sowie durch die Mannigfaltigkeit der apparativen Ausrüstungen unterliegen.

Die Vielzahl dieser die Strahlenbelastung des Einzelfalles erheblich mitbestimmenden Faktoren gestaltet die isolierte, quantitative Untersuchung der DLZ- und FED-Abhängigkeit von Seiten der Patientenmerkmale besonders schwierig.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die ständig zunehmende Strahlenbelastung des Menschen birgt große Gefahren für die Bevölkerung, vorwiegend in Form einer genetischen Schädigung. Es ist ein dringliches Bedürfnis unserer Zeit, dieser Gefahr mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu begegnen.

Die medizinisch angewandten Röntgenstrahlen stellen einen erheblichen Teil der menschlichen Strahlenexposition dar. Gerade auf dem Gebiet der Röntgendiagnostik bestehen durch Vergleich verschiedener Untersuchungsmethoden und gerätetechnischer Ausrüstungen Möglichkeiten einer Dosiseinsparung. Hierzu bedarf es jedoch eines umfangreichen Datenmaterials, ohne das konkrete Vorstellungen über die zahlreichen die Strahlendosis beeinflussenden Faktoren nicht zu gewinnen sind. Einem Teil dieser Faktoren gelten die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit:

Es wird versucht, an Hand eines über 4000 Röntgendurchleuchtungen umfassenden Stichprobenmaterials verschiedene Patientenmerkmale hinsichtlich ihres Einflusses auf die Strahlenexposition zu prüfen. Als vergleichende Kriterien der Strahlenbelastung werden dabei die Flächeneinfallsdosis und die Durchleuchtungszeit herangezogen.

Die Untersuchungen werden nach Patientenkennzeichen geordnet einzeln aufgeführt.

Es kann gezeigt werden, daß sich die Mittelwerte der Flächeneinfallsdosis und Durchleuchtungszeit mit fast allen Patientenmerkmalen in bestimmter Weise verändern. In der Mehrzahl jedoch, namentlich bei der Patienten-Größe, beim maximalen a.p.-Durchmesser und beim Gewicht, sind diese Änderungen gering: In dem 75 % des Gesamtmaterials umfassenden Merkmalsbereich ist die Abhängigkeit oft nur vernachlässigbar klein, und ein Einfluß der Merkmale auf die Strahlenbelastung wird erst bei der Untersuchung extremer Über- und Untermaße deutlich spürbar.

Bei anderen Merkmalen, wie zum Beispiel beim Alter, ist dagegen eine viel ausgeprägtere Beziehung zur Durchleuchtungszeit und Flächeneinfallsdosis nachweisbar; Die Aufschlüsselung der jeweiligen Merkmale läßt hier manchmal beträchtliche und auch statistisch signifikante Differenzen zwischen den Zeit- und

Dosis-Mittelwerten der einzelnen Patientengruppen erkennen.

In der Diskussion werden die Ergebnisse erörtert und mit den Untersuchungen anderer Autoren verglichen. In manchen Punkten ergeben Schrifttum und eigene Untersuchungen unterschiedliche oder gar einander widersprechende Resultate. In den meisten Fällen läßt sich für diese Diskrepanzen eine Erklärung finden; zu einem kleinen Teil jedoch müssen sie offen bleiben.

7. LITERATUR-HINWEISE

- (1) Arnal, M.L., H. Pychlau: Die Strahlenbelastung des Patienten bei röntgendiagnostischen Untersuchungen. Fortschr. Röntgenstr. 95 (1961), 323; Ärtzl. Forsch. 16 (1962), 1/247.
- (2) Beekman, Z.M., E.H. Kruizinga: Screening time in radiological studies. Ned. T. Geneesk. 105 (1961) 2460 - 3.
- (3) Bunde, E., P. Pychlau: Messung der Patientendosis in der Röntgendiagnostik. Radiologe 4 (1964) 367.
- (4) Clarke, W.C., S.M. Latham, J. Thomas: Anthropological factors affecting the estimation of exposures required for chest radiographs. Brit. J. Radiol. 33 (1960) 695.
- (5) Eggs, F.: Diskussionsbeitrag. In: Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. I, S. 58. Verlag Rombach, Freiburg i. Brsg., 1961.
- (6) Ehrhard, S.: Dosismessungen in der pädiatrischen Röntgendiagnostik. Dissertation, Hamburg 1961.
- (7) Frik, W.: Röntgenfernsehen und Strahlenbelastung. Radiologe 4 (1964) 146.
- (8) Goldman, S., W. Lorenz, R. Wolf: Messungen zur Integraldosis bei Röntgenuntersuchungen des Thorax und Abdomens Erwachsener im Hinblick auf das Leukämieproblem. Fortschr. Röntgenstr. 93 (1960) 269.
- (9) Holthusen, H.: Ergebnisse einer statistischen Erhebung über die genetische Belastung der Bevölkerung durch die medizinische Strahlenanwendung in Hamburg (1957/58). In: Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. I, S. 22, Verlag Rombach, Freiburg i. Brsg., 1961.
- (10) Janker, R., A. Stangen: Kritische Überlegungen zum Röntgenfernsehen mit dem Image-Orthikon und dem Vidikon. Fortschr. Röntgenstr. 96 (1962) 630.
- (11) König, G.: Statistische Ermittlungen zur Strahlenbelastung der deutschen Bevölkerung aus der medizinischen Anwendung von Röntgenstrahlen und radioaktiven Stoffen. Ärtzl. Mitt. (Köln) 46 (1961) 2671.

- (12) Lüthy, H. : Dosimetrische Grundlagen zur Bestimmung der Volumendosis bei der Röntgendurchleuchtung. Radiol. clin. (Basel) 30 (1961) 290.
- (13) Mittenecker, E. : Planung und statistische Auswertung von Experimenten. 5. Aufl. 1964; Verlag Franz Deuticke Wien.
- (14) Neumann, G. : Erfahrungen mit einem Diagnostikdosiszähler in einem Gesundheitsamt. Röntgen-Bl. 16 (1963) 256.
- (15) Pape, R., J. Zakovsky: Die Strahlenbelastung des Untersuchten bei Routinedurchleuchtungen. Fortschr. Röntgenstr. 92 (1960) 543.
- (16) Pychlau, P. jun., E. Bunde: The absorption of x-rays in a body equivalent phantom. Brit. J. Radiol. 38 (1965) 875.
- (17) Schinz, H.R., R. Wideröe:
 - a) Patientendosimetrie in der Röntgendiagnostik. Fortschr. Röntgenstr. 103 (1965) 344.
 - b) Der Strahlenschutz in der medizinischen Radiologie. Radiol. clin. (Basel) 34 (1965) 32.
- (18) Schoen, D. : Ermittlung der Strahlenbelastung bei Patienten. Röntgenstrahlen (Hamburg), Heft 10, 1963.
- (19) Schoen, D. : Strahlenschutz bei der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlen. Bundesgesundheitsbl. Nr. 24 (1962) 377.
- (20) Schoen, D. : Beziehungen zwischen Flächenionisationswert und Skrotaldosis bei Durchleuchtung der Thorax- und Abdominalorgane. Fortschr. Röntgenstr. 105 (1966), H. 2.
- (21) Schoen, D., G. Griesser: Vorläufige Ergebnisse einer Erhebungsaktion über die Strahlenbelastung des Patienten bei Durchleuchtungen mit und ohne gezielte Aufnahmen. Deutscher Röntgenkongreß 1963, Teil A, S. 181; Stuttgart, Thieme Verlag, 1964.
- (22) Schoen, H. : Medizinische Röntgentechnik, Bd. 2, 3. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart 1961.
- (23) Seidl, E. : Über eine Methode zur raschen Ermittlung der Gonadendosis im röntgendiagnostischen Routinebetrieb. Inaug. -Diss., München 1961.
- (24) Wachsmann, F. : Dosisbelastung des Patienten bei röntgendiagnostischen Untersuchungen. Fortschr. Röntgenstr. 75 (1951) 728.

(25) Zieler, E.:

- a) Untersuchungen zur Bestimmung der Integraldosis in der Röntgendiagnostik, Fortschr. Röntgenstr. 94 (1961) 248.
- b) Erfahrungen mit der simultanen Dosismessung in der Röntgendiagnostik. Röntgenbl. 14 (1961) 106.

(26) Ardran, G.M., M.D., D.M.R. and H.E. Crooks, M.S.R.:

The measurement of patient dose. Brit. J. Radiol. 38 (1965) 766.

Lebenslauf

Am 26. Juni 1941 wurde ich, Horst Elbrecht, in Bremen geboren. Mein Vater ist der Dipl.-Ing. Hans Heinrich Elbrecht, meine Mutter Hilde, geborene Sippel.

Meine Jugend verbrachte ich in meiner Heimatstadt. Vom Frühjahr 1948 bis Ostern 1954 besuchte ich dort die Grundschule, anschließend bis zum März 1961 das Gymnasium an der Hermann-Böse-Straße, wo ich meine Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1961 begann ich mein Medizinstudium an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen. Dort bestand ich im April 1962 die naturwissenschaftliche und im April 1964 die ärztliche Vorprüfung.

Auch während der klinischen Semester studierte ich an der Tübinger Universität, wo ich im Juli 1967 mein Staatsexamen ablegte.

